

रसायन-तत्वों के देश में भ्रमण

(प्रथम भाग)

लेखक

यू. रोमनकोव

व. वासिलेवस्किये

द. त्रिफानोव

ल. वावरोव

ग. लाशिलोव

इ. त्रायेनोव

सूर्ये नारायण मठ

Gifted By

RAJA RAMMOHAN ROY LIBRARY FOUNDATION

BLOCK - DD - 34, SECTOR - I, SALT LAKE CITY

CALCUTTA - 700 064

सरस्वती प्रकाशन मन्दिर, इलाहाबाद

संस्करण : 1990

मूल्य : 75/-

प्रकाशक : सरस्वती प्रकाशन मन्दिर
69, नया बैरहना, इलाहाबाद

© सूर्यनारायण भट्ट

मुद्रक : एलोरा प्रिण्टर्स, जयपुर

विषय-सूची

विषय	पृष्ठ संख्या
1—इन्फ्रार्गेनिक (अकार्बनिक) रसायन के भाग	1
2—तत्वों के बेश का मानचित्र	35
मानचित्र से प्रारम्भिक परिचय, महान आवर्त नियम की उत्पत्ति, आवर्त नियम की जल गत चट्टानें, महान खोजों की शृंखला, मान चित्र से विस्तृत परिचय,	
3—पानी से हल्की धातुयें	58
अन्तर्ग्रहीय यान की वाष्प कास्मिक यान के पथ, प्रकाश से प्रति क्रिया करते हैं, क्षारीय धातु और परमाणविक रियेक्टर, प्रकृति में और शरीर में, अद्भुत व्यवसाय, सबसे महत्वपूर्ण योगिक सोडा और काँच ।	
4—क्षारीय मिट्टी के तत्व	72
मिट्टी या तत्व, कैल्शियम और पृथ्वी का पपड़ा, कैल्शियम के भौगभीय इतिहास के पृष्ठ, चक्र है या नहीं, निर्माण करने वाला तत्व, जीवों के शरीर में कैल्शियम, कैल्शियम की अन्य विशेषतायें, भाईयों का योगदान, कास्मासे में कैल्शियम ।	
5—आधारों का आधार	89
जीवन का मुख्य तत्व, एक ही तीन सूरतों में, कार्बन का सबसे महत्वपूर्ण योगिक, काले सोने का आधार, इन्फ्रार्गेनिक (अकार्बनिक) रसायन में कार्बन, सिलिकन इन्फ्रार्गेनिक प्रकृति का भगवान, सिलिकन के गुण, भीशा अथवा काँच, मृत्कला, सिलिकन की अन्य दिग्दर्शियाँ ।	

6--जीवन हीन और जीवन

107

पृथ्वी के पपड़े में, वायुमण्डल में, दूरस्थ ग्रहों में, गहराई की बीमारी; नाइट्रोजन अपने रूप में, ठण्डक देने की सेवा, पृथ्वी पर जीवन का प्रादुर्भाव और प्रमोनिया, जीवन दायी नाइट्रोजनिक रस, वनस्पति और जीवन के लिए प्रमोनिया, जाबिर का जल, नाइट्रोजन को पालतू करने का काम भ्रम भी जारी है, भास्साइड का परिवार, विस्कोट का कार्य, हीरे से कठोर

7—प्रकाश रखने वाला

127

श्वेत, प्रकण, कृष्ण, फासफोरस के रासायनिक तत्वान्तरण, फासफोरिक एसिड, वनस्पति का जीवन, जीवन को चलाने वाला

8--दो गैसों से महासागर

140

जल की शुद्धता के बारे में, प्राकृतिक मान, पानी की तीन अवस्थाएँ, किस गति से पानी गर्म होता है और बर्फ पिघलता है, जल का नाजुक खुला हुआ ढाँचा-रसायन की दृष्टि में जल, हाइड्रोजन के प्रथम पद, हाइड्रोजन उद्योग के क्षेत्र में, योगिक या घोल, कास-मास की ध्वनि, हाइड्रोजन दो, हाइड्रोजन तीन, ध्वनि का तत्व, भावजोवन का स्रोत क्या है, तीव्र ज्वलन, भावजोवन चट्टानें उड़ा देती हैं, ताजगी की महक, भावजोवन जल, भावजोवन के कुटुम्बी, जल ऊर्जा का भंडार ।

9—प्राचीनतम पदार्थों में एक

163

गंधक पृथ्वी पर और कासमास में गहरे दूर प्रतीत में विबरण, गंधक का तत्वीय रूप, गंधक प्राप्त करने की विधि; गंधक निर्माता, शिल्पी, चिकित्सक के रूप में, प्रकृति में गंधक का चक्र, हाइड्रोजन-सल्फाइड, शत्रु और मित्र, गंधक और इन्डिया रबर, सोडियम-पियोसल्फेट और उतकी भूमिका, गंधक का भविष्य

इन्ध्रार्गेनिक (अकार्बनिक)

सो से कुछ ऊपर रसायनिक तत्व-निर्माण करने वाले मूल पदार्थों की सूची में आते हैं, जिनसे कुल—जैवीय तथा निर्जीव—संसार ने अपनी रचना की है।

यह सौभाग्य है कि पृथ्वी किसी की निजी सम्पत्ति नहीं है। विश्व का जितना भ्रंश पर्यवेक्षित किया गया है उसमें कोई तत्व ऐसा नहीं है जो हमारी सेवा न करता हो।

पृथ्वी का गोला स्वयं एक विशालकाय प्रयोगशाला है, जिसको कार्य करते हुए काफी समय बीत चुका है। उसमें हर सम्भव प्रतिक्रिया सम्पन्न करने के लिये कुल आवश्यक परिस्थितियाँ उपलब्ध होती हैं। ऊँचे पदार्थों की प्राच्यकता थी, और निस्तन्देह पृथ्वी के गर्भ में पदार्थ सैकड़ों, हजार एवं दसियों लाख वायु-मंडलीय दबावों के अन्तर्गत स्थित था। तापमान ? पृथ्वी का गोला भ्रमि के धरते के समान उबल और खोल रहा था। समय ? कितने समय की आवश्यकता थी—दिन, हजारों वर्ष सैकड़ों मिलीयन वर्ष ! प्रकृति अपने व्यय की परवाह नहीं करती है।

जटिल, अनन्त रसायन उथल पुथलों के फलस्वरूप हमारे ग्रह का निर्माण हुआ (जो इस समय भी धीमे-धीमे हो रहा है)।

किसी ने अपने हाथों अग्नि बनाई, किसी ने मारे हुए शिकार की कठोर भद्दी लाल निकाली, किसी ने खनिज से लोहा प्राप्त करके अपने को भाग्यशाली बनाया। मानव अन्धकार में हाथों से टटोल रहा था और यदा-कदा इसी प्रकार की महान सफलताओं उसके हाथ लग जाती थीं। रसायनिक परिवर्तनों की काल रहस्यपूर्ण एवं असाधारण होने के कारण पुनीत समझी जाने लगी। यह कला पुरोहितों की सम्पत्ति बनी।

हमारे युग के आरम्भ में प्रसूक्त रसायन की उपलब्धियाँ पूर्वी देशों से यूनान पहुंचीं। यूनान से रोम ने उन्हें उत्तराधिकार में प्राप्त किया और दास-प्रभुओं के जीर्ण होते हुए साम्राज्य के पतन के साथ विज्ञान एवं दस्तकारी का नेतृत्व अरबों के पास पहुंच गया। प्रयोग और रहस्य दोनों सिद्धान्त अरबों के रसायन-विदों की क्रियाशीलता से गुंथ गये। वे अन्ध विश्वास की दृढ़ता लिए हुए दूसरी धातुओं से सोना प्राप्त करने का नुस्खा तथा सब बीमारियों एवं मृत्यु पर भी विजय प्राप्त कर सकने वाला अमृत खोजने लगे। विभिन्न पदार्थों को मिलाते हुए अल्केमिस्टों (अल-अरब उत्पत्ति का शब्द है) ने अपने कार्य के दौरान अनेकों

बहुमूल्य व्यावहारिक यौगिक संश्लेषित किये । यद्यपि कीमियागरों के सहायकों ने हर प्रकार के सम्भव भूत-प्रेतों को अपने जादू या तन्त्रों के बल पर प्रार्थित किया, किन्तु उनका मुख्य लक्ष्य न प्राप्त हो सका ।

कुछ शताब्दियों—12वीं से 15वीं शताब्दी—तक भरव जादूगरों के योरोपीय उत्तराधिकारी अपनी पूर्णतया छिपाई प्रयोगशालाओं में धुआँ सुलगा के जादू के प्रयोग करते रहे, और 'पारस पत्थर' के अद्भुत नुस्खों की रचना करते रहे । उन्होंने अज्ञान बादशाहों के मस्तिष्कों को अपनी घोर फेरा और फिर धोखा देने में विश्वास करने लगे और अन्त में अपने जीवन को सूतियों पर समाप्त किया ।

यह सब विज्ञान न था । अल्केमी शीघ्र निस्सार केवल ऊँची शब्दावली वाली अन्धी चीज हो गई, जो व्यावहारिक रसायन से मेल नहीं खाती थी ।

मनुष्य उस समय तक अनेक यौगिकों से परिचित हो चुका था । उसने शीशा (काच) बनाना सीख लिया था । बारूद का प्रयोग करने लगा था । वह सिक्का ढाल लेता था । देवताओं की पीतल की मूर्तियाँ निर्माण करता था । तपा कर सुन्दर नोक व धारदार अस्त्र बनाता था । रंग प्राप्त कर लिये थे, जो समय की क्षयकारी प्रवृत्तियों से अपनी ताजगी की रक्षा कर लेते थे ।

व्यावहारिक रसायन अब बच्चा नहीं रह गया था उसमें बहुत अनुभव भरा था । उसके कन्धों पर शताब्दियों की लम्बी श्रेणी फँसी थी, जिस समय रसायन विज्ञान ने जन्म लिया । यह भाश्चर्य की बात है कि इस विज्ञान का जन्म केवल भ्रम से लगभग ढाई सौ वर्ष पूर्व ही हुआ और इसके पहले नहीं ।

सत्रहवीं शताब्दी तक वनस्पति शास्त्र, प्राणि शास्त्र, और खनिज विज्ञान के शिक्षक का कार्य प्रकृति करती थी । प्रारम्भ में केवल संसार और उसके चारों ओर प्राप्त पदार्थों की सूची तैयार करना ही अन्वेषकों का कार्य था । उन्होंने अपने लिए महत्वपूर्ण तमाम वस्तुओं की सूचियाँ तैयार कीं । प्राग्ामी पद विस्तृत पर्यवेक्षणों की जाँच करने की कोशिश, उनका साधारणीकरण (generalization) तथा व्यक्ति से जाति में रूपान्तरण (classification) का था ।

यही मार्ग रसायन शास्त्र को भी अपनाता था, किन्तु जहाँ शत्रपदी (खन खजूर), बारहूँसिया, डण्डेलियन, स्फर्तीय (feldspar) को प्रकृति शुद्ध रूप में प्रस्तुत करती है, रसायनिक व्यक्तियों को नियमद्वः अधिक या कम जटिल स्वरूपों में छिपा कर रखती है ।

यह आवश्यक था कि रसायनिक व्यक्तियों को बाहर खाना सीखा जाये "रसायनिक कार्यों में साधारणतः प्रयोग किये जाने वाले प्राकृतिक पदार्थों को भी

प्रथमतः प्रत्येक उपाय से शुद्ध कर लेना आवश्यक होता है, ताकि उनमें कोई बाहरी मिलावट न रह जाये, जो दूसरी प्रतिक्रियाओं को उत्पन्न करके पूरे प्रयोग को संदिग्ध बना सकती है।" ये शब्द हैं रसायन शास्त्र के प्रमुख जन्मदाता, रसायन शास्त्र के प्रारम्भिक नियम 'संमात्रा की अविनाशिता' (Conservation of Mass) के खोजने वाले रसायन-विद् मिखाइल लोमोनोसोव के।

अठारहवीं शताब्दी के रसायनिक वैज्ञानिकों का मुख्य उद्देश्य था पदार्थों को पृथक करना और इस उद्देश्य की प्राप्ति का मुख्य साधन था भार तथा नाप निश्चित करना। "प्रकृति मानवी साधनों की सहायता से भी ऐसे पदार्थ नहीं बना सकती जो प्रकृति में हमें प्राप्त होने वाले पदार्थों के भार एवं आकार (घातन) के अनुपात से विभिन्नता रखते हो।" फ्रांसीसी वैज्ञानिक प्रूस्ट ने कहा था—घंटकलबाजी और हवा में महल बनाने वाला युग समाप्त हो गया। उसने निश्चय और उद्देश्यपूर्ण कठोर काम के आगामी युग के सामने आत्म समर्पण कर दिया था। प्रयोगशालाओं में निकाले गये भारों ने पलात्रिस्टन सिद्धान्त तथा इसी प्रकार के अन्य कयासी सिद्धान्तों को, जो जांच में गलत सिद्ध हुए बाहर खदेड़ दिया।

किन्तु प्रयोग न केवल पुराने को उलटने तथा नये को खोलने की क्षमता रखता था वरन् उसमें निर्मम, जटिल समस्याओं को पैदा करने की भी क्षमता थी। यह कैसे प्रमाणित हो कि परख नली (test-tube) में एक ही रसायनिक व्यक्ति है या रसायनिक व्यक्तियों का समूह है? समांगी (homogeneous) पदार्थ जैसे कि प्रकृति में बहुत से प्राप्त होते हैं, रसायनिक यौगिक (compound) हैं या साधारण मिश्रण (mixture) ?

महान् मस्तिष्कों की शक्ति कठोर शिक्षक, प्रकृति द्वारा रचित प्रारम्भिक पाठशाला की पाठ्य-पुस्तक की समस्याओं के हल की ओर केन्द्रित हो गई। रसायन की समस्याओं के हल करने के मार्ग में तत्वों के परिवार के छिपे हुए सदस्यों से परिचय प्राप्त हुआ। प्रत्येक बार यह सम्मान प्रयोग की सूक्ष्मदर्शिता, धैर्य, एवं तर्कशीलता द्वारा प्राप्त किया गया। यह रसायनिक विश्लेषण की क्रिया का तूफानी बसन्ती मौसम था। उसने व्यक्तियों के पहचानने और उनके लक्षणों को ठीक-ठीक निर्धारित करने में सहायता दी।

दीर्घकालीन अंधकाश के बाद विज्ञान पुनः प्राचीन दार्शनिकों द्वारा अनु-प्राणित, तर्क किये गये, प्रश्न पर आ गया। पदार्थ, क्या है? अब उन्नीसवीं शताब्दी में प्राकृतिक विज्ञान के इस दार्शनिक प्रश्न पर उन प्रकृति शास्त्रियों को उत्तर देना था, जो तबोदित अर्कबनिक रसायन के मूढता थे। यह सच है कि अठारहवीं शताब्दी में ही लोमोनोसोव ने अपने कार्पेस्कुलर सिद्धान्त में इसका

उत्तर प्रस्तुत कर दिया था, किन्तु उस समय जटिल पदार्थों की गणितीय रचना के बारे में आवश्यक रूप से ठीक प्राकृतियों की अनुपस्थिति वैज्ञानिक के इस प्रतिभा सम्पन्न सुभाव की परत करने की अनुमति नहीं देती थी। अब ये प्राकृतिक मौजूद थे।

यशस्वी धीर देवता इलिया भूरोमेल्ज के समान, जो तीसरी वर्षों तक अपने पैरों पर खड़ा रहा था, रसायन शास्त्र ने अपने उलझे हुए शंशवास्था के दौरान हुई कीमियागरी के युग की कमी को तूफानी गति से अभूतपूर्व सफलताओं द्वारा पूरा कर लिया। उसने प्रकृति द्वारा सृजित विविधताओं की धामक ग्रन्थ व्यवस्थाओं में सुमेल (harmony) की खोज की।

गू गे धीर ग्रन्थे तथ्यों का सामूहिककरण करते हुए, तथा उनमें कुछ ग्रहण बिन्दु स्थापित करते हुए, धीर प्राकृतिक घटनाओं के मध्य सकारण सम्बन्ध प्रतिपादित करते हुए, प्रकाशनिक रसायन शास्त्र ने मृत पदार्थों को विश्व के कठिन-तम गोपनीय रहस्यों को उद्घाटित करने पर विवश कर दिया और प्रकृति के मूलभूत नियमों के सत्य को खोला। उनमें सर्वाधिक प्रकाशमान वैज्ञानिक दूरदर्शिता प्रकट करता है अवधिक नियम (Periodic law) - दे.इ. मेन्डेलीफ की तत्वों की प्रणाली। प्रकृति के इन उद्घाटित नियमों के आधार पर असीम सम्भावनाओं का शक्तिशाली विज्ञान प्रागे बढ़ा।

इसी प्रकाशनिक रसायन ने बहुत बड़ी सीमा तक विश्व की भौतिकता एवं शैयता में विश्वास उत्पन्न किया। इसने अज्ञेय सर्वशक्तिशाली ब्रह्मा की सृष्टियों को तर्क के ऊपर रखने वाली निरर्थक एवं भीष कल्पनाओं को एक बाद दूसरे पछाड़ा। प्रकाशनिक रसायन अपने युग के मानसिक तथा भौतिक तकनीकी स्वरूप को निश्चित करने वाला तथ्य बन गया। वह प्रत्येक सभ्य व्यक्ति के ज्ञान का आवश्यक अंग बन गया।

इन्ध्रार्गेनिक रसायन साग्रह प्रागे बढ़ा। प्रागे अधिक पूर्ण तथा सर्वांगीण प्रकृति का ज्ञान प्राप्त करने के लिये, रसायन की नई नियमितताओं को स्थापित करने के लिये अनुसन्धान की भौतिकी विधियों की धीर ध्यान देना आवश्यक था।

"रसायन शास्त्री जो भौतिक शास्त्री नहीं है, वास्तव में कुछ नहीं है।" वूजेन ने जो स्पेक्ट्रम विश्लेषण विधि के निर्माताओं में एक था, घोषित किया।

अधोसर्वा शताब्दी के मध्य में प्रकाशनिक रसायन में, जो विश्व की रचना करने वाली प्रत्येक ईंट की धीर समान रूप से ध्यान देते हुए प्रागे बढ़ रहा था, प्रकाशनिक रसायन प्रकुलित होकर बाहर प्राया, जिसका उद्देश्य केवल एक तत्व कार्बन के यौगिकों का अनुसन्धान था।

हमारी पृथ्वी को विजयी कार्बन का ग्रह कहा जा सकता है। कोई भी एक तत्व पृथ्वी के गोले में इतने यौगिक नहीं बनाता है जितने कि कार्बन। कार्बन के

योगिक जीवन वाहक समझे जाते हैं । शेष सभी पदार्थ, जो कि वे भी समय पाकर परिवर्तित होते हैं, मृत संसार के प्रतिनिधि समझे जाते हैं । वे निश्चल होते हैं यदि उनको स्वयं अपने ऊपर छोड़ दिया जाता है ।

कार्बनिक विश्व, जीवों का विश्व, वानस्पतिक तथा जैविक उपजों का विश्व रसायन शास्त्रियों को प्रज्वलित दिलचस्पी को अपनी ओर न खींच सका । वे प्रार्थित हुए, इस विश्व की बेरोक विविधता से; उनको कृत्रिम तरीकों से कार्बनिक यौगिकों को प्राप्त करने की कठिनाई ने स्पन्दित किया ।

पिछली शताब्दी का उत्तरार्ध प्रकाशमान कार्बनिक संश्लेषण की उपलब्धियों की श्रेणियों से सम्मानित हुआ । मानो दूर भतीत के वृक्षों एवं जीवों के शवों को पुनरुज्जीवित करते हुए, उनकी ऊर्जा, रसों, सुगन्ध, स्वास्थ्य-प्रद गुणों को पुनः उसको लौटाते हुए कार्बनिक रसायन शास्त्रियों ने कृत्रिम ढङ्ग से रसों, मूल्यवान् औषधियों, तरह-तरह के सुगन्धित पदार्थों को संश्लेषित किया । धुंघ्रा न देने वाली बारूद, कृत्रिम रेशम, सेलूलायड, ऊँची ऊष्मा रखने वाले ईंधन तैयार किये ।

उन्नीसवीं शताब्दी के मध्य में कार्बनिक रसायन के शानदार विकास की पृष्ठभूमि में अकार्बनिक रसायन शास्त्र बहुत मुरझाया सा दिखाई पड़ रहा था । उसने सदैव के लिए फल देना बन्द कर देने वाले ज्ञान-वृक्ष का स्वरूप धारण कर लिया था । उसके आधारभूत नियम, चिर-प्रतिष्ठित ढाँचे, प्रौद्योगिक प्रियायें पाठ्य पुस्तकों में पहुँच गये और पाठशालाओं की पुरानी बातें, स्वयं सिद्ध सत्य बन गये ।

इस प्रकार की निश्चिन्तापूर्ण अस्थायी शान्ति की अवधियों से प्रत्येक विज्ञान को अपने विकास काल में गुजरना पड़ता है । कुछ ही दिन पूर्व उदाहरण के लिए प्राचीन ध्वनि विज्ञान पुनर्जीवित हो उठा । इसे इतिहास एवं विज्ञान के अभिलेखागार से मसूख ही किया गया था कि एकबारगी हमारे जीवन में पारजम्बु (गल्ट्रा) ध्वनि फूट पड़ी, इन्फ्रा ध्वनियों का प्रयोग होने लगा.....।

अकार्बनिक रसायन को भी नया शब्द कहना था ।

उसने यह नया शब्द कहा और उसे हमारे समय के विज्ञान एवं तकनीक के सबसे अग्रगामी और रोमांचकारी दल सद्यवाद बल प्रदान करते हैं ।

सोवियत संघ की कम्युनिस्ट पार्टी के नये कार्यक्रम में लिखा गया :
- "उपयोगी खनिजों की खोज के तथा प्राकृतिक बर्तों के बहुमुखी उपयोग के मौजूदा तरीकों को अधिक पूर्ण बनाना तथा नये और अधिक असरदार तरीकों को ढूँढना ।"

प्रत्येक व्यक्ति इसे अपने अनुसार पढ़ता है । भूगर्भ शास्त्री 'खोज' शब्द सुन कर चौंक पड़ा और रसायन शास्त्री की दृष्टि में 'बहुमुखी उपयोग' समझने लगा ।

स्वायी संवाददाता प्रकृति के पत्थरों के पासल रसायनिक प्रयोगशालाओं की मेजों पर निरन्तर पहुँचने लगे । उनकी अन्तर्वस्तुओं (Contents) का पता लगाना तथा ठीक-ठीक निर्धारित करना आवश्यक था ।

अकार्बनिक रसायन की सेवा यहाँ से प्रारम्भ होती है । यह आवश्यक था कि बगैर गलती किये इस प्रश्न का पूर्ण उत्तर दिया जाये कि 'वहाँ क्या है ?' निस्सन्देह इससे पासल भेजने वाले पत्रों के भाग्य, उस पत्र द्वारा प्रोत्साहित उद्योग के आचरण तथा नये खनिज क्षेत्र को धारण करने वाले देश के भविष्य का निर्णय होता है । समझा जावेगा कि इसमें कठिनाई की क्या बात है ? एक बार तत्व उद्घाटित हुए और उनके अधिकांश यौगिक ज्ञात हो जाते हैं । किन्तु फिर भी यह समस्या सदैव इतनी सरलता से नहीं हल होती है । उदाहरण के लिए प्लेटोनम ग्रुप की धातुओं, विरल मिट्टी (Rare earth) के तत्वों सह जातियों सेलोनियम, टेलूरियम और कुछ अन्य के लिए विशेष रूप से ध्यान देने की आवश्यकता पड़ती है । ये पदार्थ विश्लेषक को खनिज पदार्थ में अधिक गहराई से खोज करने के लिए बाध्य कर देते हैं ।

किन्तु पासल के अन्तर्गत वस्तुयें तहाँ में स्थित होती हैं । कच्चे खनिज को उसकी तहो शयवा उसमें उपस्थित तत्वों के नामों के अनुसार लाक्षणित किया जाता है । आगे यह भी दिखाना आवश्यक होता है कि किस बनावट में, किस सहयोग में प्रत्येक तत्व कच्चे पदार्थ में मौजूद है । इससे इस प्रश्न के हल में सहायता मिलती है कि कच्ची धातु को धनी करना आवश्यक है । यह प्रकारण ही नहीं है कि रसायनिक विश्लेषण जो ऐसे प्रश्नों का उत्तर प्रस्तुत करता है, तर्कसंगत कहलाता है । विज्ञान विशेष ध्यान के साथ विश्व की प्रत्येक ईंट के गुणों का अध्ययन करते हुए इस अतिम निर्णय पर पहुँच चुका है कि कोई ईंट अनुपयोगी नहीं है । व्यवहार इस निष्कर्ष का समर्थन करता है कि उत्पादन उद्योगों के फाटकों पर काम की प्रतीक्षा करने वाले मेंडेलीफ प्रणाली के तत्वों की संख्या दिन प्रतिदिन कम होती जा रही है ।

प्राकृतिक धनो का बहुमुखी उपयोग नियमित: विशेष रूप से जटिल समस्या होती है । इसके हल के लिए साधारणतया अधिक समय की और वैज्ञानिक अनुसंधान तथा योजनायें बनाने वाले संगठन की शक्तियों के एकीकरण की आवश्यकता होती है ।

कोल्फी प्रतरीप में प्रकृति द्वारा संचित एपेटाइट-नेफेलीन के बक्खों (पेटारों) के उपयोग का कार्य आज से तीस वर्ष से ऊपर हुआ, जब प्रारम्भ हुआ था और अभी तक समाप्त नहीं हुआ है । अकॉडेमीशियन प्र. ई. फेर्मान तथा

अ. एन. लान्जोव ने ये बक्से खिन्ननी पर्वतों में पाये थे। यह विशाल संग्रह दक्षिणी जनतन्त्र (Republic) की लोकतान्त्रिक अर्थ व्यवस्था के लिए विज्ञान का शानदार उपहार था।

प्रारम्भ में यहाँ प्राप्त होने वाली चट्टान अपेक्षतया परिशोधन का छोटा मार्ग तै करती थी। उसे धनी करके एपेटाइट के सान्द्रणों को उससे पृथक करते थे। यह अर्ध उपज (Semi product) उद्यम में दाखिल हुआ जहाँ अकॅडेमीशियन एस० ई० वोल्फकोविच की रहनुमाई में निकाली गई विधि के द्वारा उससे खादें—सुपरफास्फेट, अमोफास, प्रैजिपिटाइट—तैयार करते थे।

यह देश के आर्थिक जीवन की बड़ी उल्लासपूर्ण घटना थी।

किन्तु रसायन शास्त्रियों के उल्लास को स्वयं इस उत्सव के लिये अपराधी खिन्न के खनिज ने विपाकत बना दिया था। वे जानते थे कि उसमें तत्वों का पूरा दल और उनके योगिक छिपे हुए हैं, जिनमें प्रत्येक लोकतान्त्रिक अर्थव्यवस्था के लिए अनिवार्य या निकटतम भविष्य में ही अत्यन्त अनिवार्य पदार्थ बन जाने वाला है।

खनिजों से प्राप्त होने वाले धन के उपयोग करने के महाकाव्य का सबसे बड़ा प्रकाशमान पृष्ठ अल्यूमिनियम की प्राप्ति से सम्बन्धित है। चट्टानों के परिशोधन के अन्त में सान्द्रणों के रूप में नेफेलीन विलग होती थी। उसमें जटिल योगिक $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ होता था। अल्यूमिनियम और क्षारक (alkali) थे फँके जाने वाले कूड़े में। इस वास्तविकता को पी लेना कठिन था। पर टेक्नोलॉजी के लिए नई विधि तैयार करना और कठिन मालूम पड रहा था। जैसा कि प्रत्येक जटिल समस्या करती है, इसमें भी उत्साहियों और सदेहवादियों को जन्म दिया, उनके मध्य संघर्ष युद्ध के बाद के दिनों में सम्पन्न हुआ। व्यावहारिक रसायन संस्थान (Institute of Applied Chemistry) में कुछ ही दिन पूर्व फँके जाने वाले इस धातु के कूड़े में क्षारों और सीमेंट के प्राप्ति करने की प्रौद्योगिक विधि निकाली गई और बोलखोव के अल्यूमिनियम के कारखाने में लागू की गई। जैसा सबको ज्ञात है, इस काम के संवालयक दे. एल. तालमूल को सेनिन पुरस्कार प्रदान किया गया।

किन्तु जैसा हम ऊपर कह चुके हैं अभी 'कास्केट' (पेटार) पूर्ण रूप में पाली नहीं हुई थी। नेफेलीन में अल्यूमिनियम के साथ गैलियम (Gallium) तथा कुछ अन्य विरल तत्व रहते हैं। सम्भावनाएँ प्राकृतिक हैं।

इसी के सदस्य पेटारों प्रकृति ने हमारे खनिजों में उदारता से भर दी है। तुफानी कास्त्रियन के पार्श्व में, समुद्र में घूमती हुई रेठीली घरती से पृथक की

हुई एक शान्त खाड़ी, कारा बोगाज गोल है। शताब्दियों से इस छिछली तश्तरी में सागर धपना गाढ़ा नमकीन पानी भरता रहा है। दक्षिणी सूयं नमी पीता था और नमक छोड़ देता था। यह पृथ्वी का लवण है, जिसे नदियों ने उन क्षेत्र से दान के रूप में संग्रह किया है जिनसे होकर वे बहती हैं। शाश्वत बिहारिणी नदियों को मार्ग में कौन सी चट्टानें नहीं मिलतीं और नित्य बहने वाली धार घुलने वाले रसायनिक योगिकों को घोंती रहती है।

नदियां अपने शिकार को समुद्र को सौंप देती हैं। इसमें आश्चर्य नहीं कि सागरीय जलो में मेंडेलीफ प्रणाली के लगभग सभी तत्व एकत्रित हो जाते हैं। कारा बोगाज गोल वह स्थान है जहां समुद्र नदियों द्वारा चुराये गये धन को पुनः स्थल को लौटा देता है। पृथ्वी में ये पदार्थ अनन्त विस्तारों में छिन्ने हुए हैं, यहां वे मानो गोदाम में भरे हैं। कारा बोगाज सोडियम, मैग्नीशियम, कैल्शियम पोटेशियम, के यसीम भंडार विभिन्न योगिकों के रूप में ग्राहक को देने के लिए तैयार रखती है। अनुमान किया जाता है कि खाड़ी के लवणों और नमकीन पानी के कारखानों में परिशोधन के समय नई तकनीक के लिए ऐसे ललचाने वाले तत्व जैसे लिथियम, बोरान तथा ब्रोमीन, आयोडीन और अन्य भी सरलता से प्राप्त किये जा सकते हैं। और उद्योगी खोजक के लिए प्राचीन कारा बोगाज अपने पेंदे में कुलीन धातुओं सोना और चांदी—को भी सुरक्षित किये हैं।

धमी यह जीवित मेंडेलीफ की तत्व प्रणाली मुख्यतः स्थितिज संग्रह (Potential deposit) मात्र है।

कारा बोगाज अपने समय की प्रतीक्षा कर रही है। उनकी प्रतीक्षा कर रही है, जिनको इच्छाशक्ति और पराक्रम को वह देश की अर्थ व्यवस्था के लिये अपने खजानों को खोल एवं सौंप कर पुरस्कृत करेगी।

परन्तु केवल कारा बोगाज ही नहीं हैं। कास्पियन से मिले स्टेपी के मैदानों में पश्चिमी और पूर्वी सायबेरिया में, उत्तरी काकेशिया में तथा मध्य एशिया, फ्रीमिया, ट्रान्स कार्पेथियन में लवणों की तहों की श्वेत तश्तरियां चमक रही हैं, नमक की झीलें, छोटी बड़ी कारा बोगाजें, बहु मूल्य खनिजों के भंडारों को अपने में सुरक्षित किये हुए चमक रही हैं।

एक विचित्र मनुष्य की भांति हालैण्ड निवासी ऐन्थोनी लेवेन्गूरु ने अपने असाधारणतया पालिश किये हुए लेन्सों को बिल्कुल ही अप्रत्याशित विषयों पर ठीक मक्खी के मस्तिष्क तक—लक्षित किया और सूक्ष्म पदार्थों के पहले अज्ञात पूरे संसार उद्घ टिठ किये। रसायन शास्त्रियों ने, जिन्होंने विश्लेषण की विधियों में दक्षता प्राप्त कर ली थी, कठिनता से प्राप्त होने वाले तत्वों के सूक्ष्म वितरणों

का पीछा करने की योजना बनाई। उन्होंने उन पदार्थों का विश्लेषण किया जिनकी कच्चे माल में गणना नहीं होती थी या जो कच्चे माल की भूमिका समाप्त कर चुके होते थे। उन्होंने कारखाने की चिमनियों से काली कालिख खरोंची, गन्दे पानी के नमूने लिये, उद्योगों से फेंके हुए कूड़ों के ढेरों पर गये। और स्तम्भित करने वाले भन्वेषण किये। प्रगट हुआ कि वेकार चट्टानों के भण्डार खनिजों की भूमिका भ्रदा करने का दावा कर सकते हैं, और धूम जो आकाश एवं मनुष्यों के फेफड़ों को दूषित करता है, अपने साथ चिमनी में बहुमूल्य तत्व उड़ा ले जाता है, जिनमें अर्ध चालकों (Semi Conductors) का सम्रा जर्मोनियम भी होता है।

मिट्टी के तेल के क्षेत्रों में ट्यूबवेलों के पानी 'काले सोना' के सहचर होते हैं। ये सहचर परेशान करने वाले होते हैं। किन्तु अकस्मात् यह प्रगट होता है कि ये जल 'सोना' हैं। इनमें बोरोन, फ्रीमियम, आयोडीन, सोडा तथा अन्य पदार्थ धुले होते हैं। यह ऐसे ही हैं जैसे कि उद्गम के भीतर उद्गम मिल जाये।

यदि तत्वों को वाणी प्राप्त हो जाती, तो उनके सरकारी भवन, मेटेलीफ की तत्वों की प्राणाली में बहुत सी अद्भुत बातें सुनने को मिलती। ग्रूप जिसके नाम के पहले कुलीन उपसर्ग "दुर्लभ" लगा होता है सभी को अपराधी बताता केवल इसलिये कि उसके व्यक्तियों का ठीक सम्मान नहीं किया गया।

'हमको कूड़े में!' सेलेनियम, सोना, जर्मोनियम, टिन तथा अन्य खनिज कुपित होकर रहते। "और केवल इसलिये कि हमारा निवास ताँबे के पाइराइट में होता है और ताँबे की पाइराइट (Copper Pyrites), क्या आप नहीं जानते हैं, सल्फूरिक एसिड से अभिसंस्कृत किया जाता है। तब हम दुर्लभ, अधिक व्यय कराने वाले क्यों कहे जाते हैं, यदि हमारे साथ वह व्यवहार किया जाता है? जिंक (जस्ता), गैलियम, इन्डियम, सिलीनियम, टेलूरियम, सोना, चाँदी प्लेटिनम, आर्सेनिक (सखिया) तथा अन्य यह विरोध पत्र प्रस्तुत करते होते कि पूराल के कारखाने कापर पाइराइट खनिज में उपस्थित केवल 10 प्रतिशत अंगों (Components) को ही निकालते हैं।

किन्तु, क्या यह हो सकता है कि क्षति अवश्यम्भावी हो? क्या हो सकता है कि इस सोने की छोटी मछली के पकड़ने का जाल बनाना व्यर्थ है, क्योंकि वह पर्याप्त असरदार नहीं होगा?

वस्तुतः, स्वयं कल्पना कीजिये, कि किसी आदेश से कुल नदियों, झीलों, सागरों तथा महासागरों की मछलियाँ अपने-अपने समूहों का साथ छोड़ कर कमोवेश समान रूप से पृथ्वी के गोले के कुल जलीय क्षेत्र में वितरित हो गईं। आपको यह स्वीकार करना पड़ेगा कि ऐसी परिस्थिति संसार के मछली उद्योग

के लिये बड़ी भयंकर होगी। कितना पानी छानना पड़ेगा जब कोई मछली जल में दिखाई पड़ेगी। इसी प्रकार की परेशानी कुछ तत्वों के साथ भी है, जो पृथ्वी के पपड़े में होम्योपैची की खूराकों की मात्राओं में वितरित हैं और इन्हीं मात्राओं में पकड़े जा सकते हैं।

इसके बावजूद, इन तत्वों के भौद्योगिक उत्पादनों के तरीके विद्यमान हैं। पर यह सच है कि वे उन तरीकों की अपेक्षा कम फल-प्रद हैं जिन्हें प्रकृति अपने रहस्यपूर्ण गर्भ में छिपाये हैं।

हम अभी बता चुके हैं कि सागरीय जल एक खनिजों का अद्वितीय उद्गम-क्षेत्र है। उदाहरण के लिये, रोगा के तट पर विधाम करने के लिये जाने वाले व्यक्तियों में से कोई भी सम्भवतः यह जान कर अविगत हो उठेगा कि वह सोने के घोल में स्नान कर रहा है। कुछ गणनाओं के अनुसार संसार के कुल महासागरों में स्वर्ण की मात्रा लगभग 7000000000 टन होगी। किन्तु प्रत्येक टन जल में सोने की मात्रा एक ग्राम का पाँच सदृशांश होती है। आधुनिक तकनीक सागरीय जल से इस बहुमूल्य धातु को प्राप्त करने के मार्ग से मानवता को घनी करने की सम्भावना को प्रोत्साहन नहीं देता है। भय यह है कि धन (Capital) उतनी ही शीघ्रता से समाप्त होगा जितनी तेजी से वह इकट्ठा होगा। यद्यपि तत्वों को खींचने की ऐसी प्रभावप्रद विधियाँ विद्यमान हैं जो इतने सुख सामग्रियों में भी उपस्थित तत्वों को भी खींच ला सकती हैं। इन विधियों को, उदाहरण के लिये, कुछ सागरीय जीव उपयोग करते हैं।

प्रकृति से होड़ करते हुए, रसायन शास्त्रियों ने अनेक उत्कट विजयें प्राप्त की हैं और प्राप्त कर रहे हैं। किन्तु प्रकटतः ऐसा समय कभी न आयेगा जब उनको अपने महान गुह से कुछ भी सीखने को न रह जाये। प्रकृति-दत्त पाठों को मानव अपने रचनात्मक श्रम द्वारा सीखता है। वह प्राकृतिक क्रियाओं की टेक्नालाजी को तकल नहीं करता है वरन् स्वयं अपनी टेक्नोलोजी का निर्माण करता है जो आदर्श कही जा सकने वाली टेक्नालोजी से कभी कम और कभी-कभी अधिक भी परिपूर्ण होती है। इसमें समय की भौतिकी आवश्यकताओं, आर्थिक मार्गों को-सबसे पहले ध्यान दिया जाता है। जहाँ तक प्रकार्बनिक रसायन का सम्बन्ध है, लोकतान्त्रिक अर्थ-व्यवस्था के विकास की विशाल योजनायें अपने सामने फौरी समस्या के रूप में रसायनिक प्रणाली और क्रियाओं के अध्ययन को मागे रखती हैं, जो अधिक परिपूर्ण टेक्नोलोजी का आधार निर्माण करती हैं। ऐसी टेक्नोलोजी का आधार, जो कल के सम्भव को आज सम्भव बनाती है, कल जो अलाभकर या उसे आज लाभकर बना देती है। यह टेक्नालोजी पदार्थ का मूल्य-हास कम से कम कर देती है और उद्योगों से फेंके हुए माल को पुनः कच्चे माल की हैसियत प्रदान कर देती है।

सर्वाधिक प्रचलित अर्ध उपजों (Semi manufacture products) के उत्पादन की टेक्नोलोजी के परिवर्तन ने विशेष रूप से दिखाई पड़ने वाले आर्थिक परिणाम प्रदान किये हैं। ये आधार भूत रसायन की 'तीन ह्वीलें' हैं। सल्फूरिक एसिड (गंधकीय अम्ल), सोडा, खनिज खादें। "।

जब हम किसी उद्योग के लिये किसी उपज की निस्सन्देह प्रथम दैनिक अनिवार्यता पर जोर देना चाहते हैं तो हम उसकी तुलना रोटी से करते हैं। सोमेट—भवन-निर्माण की रोटी है। धातु—उद्योग (Industry) की रोटी है।

इस प्रकार उपरोक्त अकार्बनिक उपजों में से प्रत्येक उपज रोटी है, और किसी एक उद्योग की ही नहीं अनेकों उद्योगों की एक साथ।

वर्ष बीतते हैं, उत्पादन क्रियाओं के रूप और आचरण बदल जाते हैं, नये पदार्थ सार्वजनिक मान्यता प्राप्त कर लेते हैं। किन्तु सल्फूरिक एसिड, सोडा, खनिजीय खादें पूर्ववत् आज भी उद्योगों के लिये दैनिक आवश्यकता की वस्तुयें बनी हुई हैं और पहले से भी अधिक मात्राओं में अपेक्षित हैं। और अकार्बनिक रसायन के इन युनियादी योगिकों का स्थान आज तक कोई पदार्थ नहीं ले पाया है। इन्धनगतिक रसायन का सबसे शक्तिशाली वशाघर, कार्बनिक रसायन भी इनको विनम्रता से सम्बोधित करता है। निस्सन्देह प्राचीन सल्फूरिक एसिड के बगैर न मिट्टी के तेल के परिशोधन का उद्योग सम्भव था, न विस्फोटक पदार्थ, दवाइयों, रज्जों तथा प्लास्टिकों का बनाना ही सम्भव था। सब विषय नहीं गिनाये जा सकते हैं। यह समझा जाता है कि सल्फूरिक एसिड के उत्पादन और माग का स्तर देश के कुल रसायनिक उद्योग के स्तर का चरित्र चित्रित करता है। और मेडेलीफ प्रणाली के सोलहवें खाने का तत्व गंधक संसार के अर्ध तन्त्र द्वारा सल्फूरिक एसिड के उत्पादन का मुख्य कच्चा माल समझा जाता है।

किन्तु मूल रूप से उपलब्ध गंधक के भण्डार प्रत्येक स्थान पर सल्फूरिक एसिड के उद्योग की आवश्यकताओं की पूर्ति अधिक सीमा तक नहीं कर पाते हैं। जो गंधक की कमी पड़ती है, उसे विभिन्न गंधक रखने वाले खनिजों से पूरा किया जाता है। जैसा कि ऊपर कहा जा चुका है, यह सदैव सुविधा पूर्ण (Rational) नहीं होता है। सल्फूरिक एसिड का उत्पादन लाखों टनों में होता है और फिर भी वह अधिकता में नहीं रहता है। इसके विपरीत प्रत्येक अर्ध इसकी औद्योगिकीय माग बढ़ती ही जाती है। पर्याप्त मात्रा में गंधक प्राप्त करने की समस्या भी, जो इससे जुड़ी हुई है, तेज होती जाती है। "।

सल्फूरिक एसिड के उत्पादन का जो मुख्य तत्व है वही लौह धातु-कर्म (Iron metallurgy) का मुख्य शत्रु है। खनिज लौह (Iron ore) की प्रत्येक

घातु कर्मिक मंजिल में गंधक को हर सम्भव उपायों द्वारा दूर किया जाता है। उदाहरण के लिये, विशाल घातु कर्म कम्बाइन (metallurgical combine) बहुघन्धी मिल प्रतिवर्ष औसतन जितनी मात्रा गन्धकीय गैस (Sulphur dioxide) को हवा में छोड़ती है, वह कुछ सौ हजार टन सल्फ्यूरिक एसिड (गंधकीय अम्ल) के उत्पादन के लिये पर्याप्त होती है। किन्तु 'ऐग्लोमरेशन' (ज्वालामय धमन) उस बड़ संघर्ष का केवल प्रारम्भ है, जो घातु-कर्म विचारद फोलाद को उत्तमता कम करने वाली हानिकारक मिलावटों के विरुद्ध चला रहे हैं। विघलाऊ भट्टा के तलछट के रूप में भी गन्धक प्रचुर मात्रा में प्राप्त होता है। इस तत्व को घातु के टबों से पृथक करने और किसी ऐसे योगिक में बाँध देने के लिये, जो गन्धक को पीछे गले हुए फोलाद में न छोड़ दे, यह आवश्यक होता है कि गले पदार्थ बहुत ऊँचा उठाया जावे।

साधारणतः लौह घातु उद्योग के निकट सल्फ्यूरिक एसिड के उत्पादन का उद्योग जीवित रह सकता है। जिसके परिणामस्वरूप लोकतान्त्रिक षर्षं व्यवस्था की अनेकों मिलियन की बचत होती है।

प्राणि मात्र के लिये दुःखदायी हार्डड्रोजन सल्फाइड, मिट्टी के तेल का परिशोधन करने वाले कारखानों के इंदं-गिदं मिलती है, जो इस दुर्गन्धमय गैस को निकालते हैं। निकट भविष्य में कालं मावर्स के शब्दों में ये 'उद्योग द्वारा उत्सर्जित पदार्थ' भी सल्फ्यूरिक एसिड के उत्पादन के मुख्य स्रोतों में गिने जाने लगेंगे। निस्सन्देह, उन्मुक्त होने वाली हार्डड्रोजन सल्फाइड की मात्रा अत्यन्त विशाल होती है और मिट्टी के तेल के परिशोधन-उद्योग की वृद्धि के साथ बढ़ती जायेगी।

मूल-भूत रसायन की दूसरी ल्लेल-सोडा है। इस षर्षं-उपज (Semi Manufacture Product) के प्राचीन परम्परा वाले उपभोक्ता मानव जीवन को शान्दिक षर्षं मे अधिक श्वेत और स्वच्छ बनाते हैं। ऐसा हम भीशा की बनी चीजें तथा विभिन्न घोने के माध्यम को दृष्टि में रखते हुए कहते हैं। समय के साथ सोडा के उपभोक्ताओं का वृत्त बढ़ रहा है। और इस समय सल्फ्यूरिक एसिड की भाँति ही सोडा भी प्रतिवर्ष लाखों टनों में उत्पादित किया जाता है। यदि सोडा को सोडियम की विशेष क्षारीय प्रकृति के कारण संसार भर की मान्यता प्राप्त हुई है, तो सोडियम को भी इस योगिक में अपनी अमृतपूर्व सफलता प्राप्त हुई है। इसी में यह कहा जा सकता है कि तत्व संख्या 11 की सृष्टि सोडा की अनिवार्यता को ही दृष्टि में रखकर की गई है।

सोडा उद्योग का दुःखद अंग उसका उच्छिष्ट-पदार्थ (Scrap) है। प्रत्येक बोरीस घन्टों मे मध्यम थ्रेणो की सोडा फॅक्टरी हजारों घन मीटर डिस्टिल करने योग्य द्रव फँकती है।

विशुद्ध रसायनिक दृष्टिकोण से कोई पदार्थ स्क्रैप नितान्त अनुपयोगी नहीं होता है। ऐसा कच्चा माल हो सकता है जिसका ग्रामी तक कोई मालिक न मिला हो अथवा ऐसा मालिक हो सकता है जो उस कच्चे माल का कोई उपयोग नहीं कर सकता है, जिसे वह अपने अधिकार से स्क्रैप (कूड़ा) की संज्ञा देता है।

प्राधुनिक सोडा बनाने के कारखानों का ऐसे उद्योगों में शुमार है जिनका, जैसा कि ग्रंथशास्त्री कहते हैं, बहुत ऊँचा पदार्थीय घातांक (Material index) होता है। इसका अर्थ यह है कि वे कच्चे माल के साधनों की बहुत बड़ी मात्रा में अपेक्षा करते हैं। एक टन सोडा के उत्पादन के लिये प्राधुनिक प्रणाली के अनुसार डेढ़ टन रसोई का नमक NaCl और इतना ही चूने का पत्थर व्यय होता है। इस सर्वोत्तम समझी जाने वाली टेकनोलोजी द्वारा सोडियम क्लोराइड NaCl से 75 प्रतिशत सोडियम और शून्य प्रतिशत क्लोरीन तथा चूने पत्थर से शून्य प्रतिशत कैल्शियम और 44 प्रतिशत कार्बोनिक एसिड का उपयोग हो पाता है। शेष ग्रंथ गहराई से डिस्टिल किये जाने योग्य सागर और नदियाँ स्क्रैप (फँकने योग्य व्यर्थ पदार्थ) के रूप में निकालते हैं। सोडा उद्योग कच्चे माल के पर्वतों को हजम करता हुआ अपने कच्चे माल के स्रोतों से बंधा होता है। इन पर्वतों को रेल द्वारा स्थानान्तरित करने में शासन की जेब को गहरी चोट पहुँचती है। दूसरी ओर कच्चे माल के स्रोतों की स्थिति भौद्योगिक भूगोल का सगठन अपने अनुसार नहीं कर पाती है। परिस्थितियों यश सोडा कारखानों को उनके कच्चे माल के स्रोतों से दूर भी रखना पड़ता है।

सोडा उत्पादन में सुधार लाना हमारे समय की माँग है, लोकतांत्रिक अर्थ-व्यवस्था की माँग है प्राधुनिक रसायन की माँग है, जो स्क्रैपों को (विशेषकर-हानिकर स्क्रैपों को) लज्जा की दृष्टि से देखती है, और इसलिये संघर्ष करती है कि मेटेलीफ प्रणाली का प्रत्येक तत्व अपनी सम्भावनाओं की पूर्ण क्षमता के अनुसार अपने लिये कार्य प्राप्त कर सकें।

हमारे विशेषज्ञों ने सोडा उद्योग में सुधार लाने के लिये कुछ उपाय निकाले हैं।

डिस्टिलेशन योग्य द्रव को, जहाँ वह अनिवार्य है, दो तरीकों से उपयोग करने के सुझाव आये हैं। कुछ कारखानों में, (उदाहरण के लिये दोनेरस के कारखानों में) उसे क्रमोनियम क्लोराइड (खाद) तथा कैल्शियम क्लोराइड प्राप्त करने के लिये उपयोग किये जाने की योजना है। कैल्शियम क्लोराइड के संतृप्त घोलों का काफी नीचे तापमान तक न जमने का गुण इस लवण को प्रशीतन (Refrigeration) उद्योग में अत्यन्त-उत्तम प्रशीतक (Refrigerant) तथा जाड़े की ऋतु में जब बगैर इस लवण के सब घोल जम जाते हैं, भवन-निर्माताओं का

सहायक बनाता है। किन्तु ग्रामोनियम क्लोराइड अच्छा उर्वरक नहीं होता है और कैल्शियम क्लोराइड की माँग सोडा उद्योग द्वारा प्राप्त की जा सकने वाली कैल्शियम क्लोराइड की मात्रा से बहुत कम है। उत्पादन से माँग कम है।

पर आज चमकने वाले धनेक ऐसे तत्व हैं; धनेक ऐसे रसायनिक यौगिक हैं जिनको किसी समय प्रयोगशाला की आलमारियों में बड़ा तुच्छ स्थान मिला था। समय ने उनकी विस्तृत क्षेत्र प्रदान किया और उनके लिये अप्रत्याशित अभूतपूर्व माँग उपस्थित कर दी। 1825 ई. में योरोप में पहला जहाज चिली का साल्ट पीटर लेकर पहुँचा। कुछ साल्ट पीटर समुद्र में फेंक दिया गया। बोर्ड ग्राहक नहीं मिला। 75 वर्ष बाद योरोप ने दो मिलियन टन से ऊपर इस समुद्र पार से भाये हुए लवण को खरीदा जो बड़ी उत्तम खाद सिद्ध हुई।

मूलतः समस्या का हल इस में है कि सोडा न केवल बर्गर स्क्रैप छोड़े हुए निकले धरन् वह स्वयं भी दूसरे उद्योगों के स्क्रैप्स से परिशोधन द्वारा प्राप्त किया जावे। रसायन ऐसी समस्याओं का हल देने में निपुण है। यहाँ जो प्रायोजन (Project) हमारे सामने है वह हमको पुनः धदमुत खनिज नेफेलीन (Nepheline) तथा सिमेनाइट (Syenite) की ओर ले जाता है। भलूमिनियम उद्योग में इन खनिजों का परिशोधन करते समय स्क्रैप के रूप में क्षारीय द्रव प्राप्त होता है। इसी को सोडा के उत्पादन के लिये कच्चे माल के रूप में लिया जा रहा है। इस समय इस योजना के अनुसार काम भी प्रारम्भ हो गया है।

यदि पहले धलूमिनियम उद्योग केवल सोडा का ग्राहक था (सोडा से वाक्सा ईंटों को ध्वस्त किया जाता था) तो अब वह उसका उत्पादन भी करने लगा है (जब नेफेलीन और सिमेनाइट प्रारम्भिक कच्चे माल के रूप में लिये जाते हैं।) सोडा उत्पादन की यह नई विधि साधनों की बहुत बड़ी बचत सरकार को करती है और सोडा उद्योग के भूगोल का विस्तार करती है। इसका अर्थ यह है कि भविष्य इसी विधि के साथ है।

रसायन उद्योग के प्रमुख तत्वों में गंधक, नाइट्रोजन, कार्बन, फास्फोरस, हाइड्रोजन, सोडियम, फास्फोरस, कैल्शियम, क्लोरीन हैं। उनमें से तीन, नाइट्रोजन, फास्फोरस इस सम्मानपूर्ण सूची में मुख्यतः रसायन वैज्ञानिकों के धर्मों की बदौलत पहुँचे हैं। जिन्होंने पीछों के रहस्यों का उद्घाटन किया है।

यह दिलचस्वी की बात है कि कच्चे माल के आयात की कस्टम की दरों की सूची में सन् 1924 ई. में फास्फोराइटों के सामने "विना मूल्य" घोषित होता था। खनिज-खादों (Mineral fertilizers) के लिये हमारा कच्चा माल उस समय पूरा नहीं होता था। इस समय फास्फोराइट खनिजों के ज्ञात भण्डार सोवियत संघ में 3 मिलियन टन घाते हैं और शेष कुल संसार में 6 मिलियन

टन। इसी प्रकार हम (सोवियत संघ) पोर्टेशियम के भण्डारों में भी सारे संसार के देशों से आगे हैं।

हमारे देश की लोकतान्त्रिक अर्थ व्यवस्था के रसायनीकरण की योजना में मुख्य स्थान 'उर्वरक लवण' पैदा करने वाले उद्योगों का है। खनिज उर्वरकों के कारखानों के तेज निर्माण का कार्यक्रम बन चुका है। यह फसलों के भाग्य में रसायन की भूमिका को शक्तिशाली बनाने का कार्यक्रम है।

"कृषि के बुद्धि-संगत" सर्वांगीण रसायनीकरण को प्रमत्त में लाना" सोवियत संघ की कम्युनिस्ट पार्टी के कार्यक्रम में अंकित किया गया।

सोवियत संघ के कृषि विभाग के मंत्रालय के अर्थ शास्त्रियों की गणना-नुसार कुछ खनिज खादों, जो कार्बनिक नहीं होती हैं, सही प्रकार से उपयोग किये जाने पर फसलों में आगे लिखी बढ़ती दे सकती हैं, कपास की फसल 650 हजार टन, गन्ना में 4.2 मिलियन टन, पलेक्स के रेशे में 80 हजार टन, गन्ना में 30 मिलियन टन, गालू में 16 मिलियन टन, सब्जी में 13 मिलियन टन। देश में विकसित कृषि क्षेत्रों के भीतर कहना चाहिये नये और वे छोटे नहीं हैं—कृषि क्षेत्र पैदा हो रहे हैं। यदि प्रति हेक्टेयर से औसत उपज 30 सेन्टेनर भी ली जाये तो भी खनिज खादों देश की ऊँची उपज की क्षमता वाले 10 मिलियन हेक्टेयर उपहार में देंगे। उदाहरण के लिये यदि डेन्मार्क को खनिज खादों से वंचित कर दिया जाये तो उसे वर्तमान देश की पैदावार कायम रखने के लिये चार डेन्मार्क का क्षेत्र उधार लेना पड़ेगा। फ्रांस को खनिज खादों के अभाव में अपनी पैदावार प्राप्त करने के लिये अपने ही बराबर भूमि क्षेत्र और लेना पड़ेगा इत्यादि।

हमारे देश (सोवियत संघ) में खनिज खादों का खेतों में उपयोग निरन्तर बढ़ रहा है : किन्तु अभी तक जितना चाहा जाता है, उतने पैमाने पर नहीं पहुँचा है। प्रोफेसर अ. बसोकोलोव ने यह बताया है कि अभी तक हम पृथ्वी की फसलों द्वारा उससे ली जाने वाली नाइट्रोजन का केवल $\frac{1}{3}$ से $\frac{1}{4}$ अंश तक, फास्फोरस का $\frac{1}{2}$ से $\frac{2}{3}$ अंश तक, पोर्टेशियम का $\frac{1}{4}$ से $\frac{1}{3}$ अंश तक ही लौटा पाते हैं।

ऐसा समझा जावेगा कि पृथ्वी से नाइट्रोजन फास्फोरस एवं पोर्टेशियम का फसलों द्वारा शोषण स्वयं बता रहा है कि खादों का क्या उत्पादन होना चाहिये; खादों के उत्पादन का बढ़ाना अनिवार्य है। परन्तु वस्तुतः यह इतनी सरल बात नहीं है। जैसा कि सर्वत्र होता है, निर्णायक शब्द अर्थ शास्त्र के हाथ में है खादों के उपयोग की सामकारिता का निश्चय उनके द्वारा बढ़ी हुई फसल के मूल्य तथा लगी हुई खाद के मूल्यों का अनुपात करता है। यह सामकारिता

कई तथ्यों पर निर्भर करती है : कच्चे माल के प्राप्त करने, उसके सांद्रण और परिशोधन की दशाएँ, यातायात की परिस्थितियाँ, मिट्टी का गुण, कृषि फसल की किस्म आदि ।

केवल सुपर फास्फेट उद्योग में एक वर्ष में रेलगाड़ी द्वारा परिवहन का काम 107 मिलियर्ड टन-किलोमीटर का विशाल धक प्रगट करता है । यदि चन्द्रमा में खेतों के लिये सुपरफास्फेट की मांग हो, और वहाँ तक रेल की पटरियाँ बिछी हों, तो उपरोक्त धम से हम कई दसियों हजार टन खाद रेल द्वारा चन्द्रमा में भेज सकते हैं ? इस धक का मूल्य पृथ्वी के पमाने पर समझने के लिये यह बताया जा सकता है कि यह इटली के कुल भार परिवहन के 70 प्रतिशत से ऊपर होता है ।

निःसंदेह, रेलगाड़ी खाद के इस भार को झकेले ही खेतों तक नहीं पहुँचाती है । प्लेटफार्मों से खादों को उनके लिये बने गोदाम में ले जाते हैं, वहाँ से मोटर ट्रकों में भरते हैं और प्राणीय मार्गों से गुजरते हुए ये ट्रक सामूहिक फार्म के गोदाम तक इन खादों को ले जाते हैं । वहाँ से फिर ढोकर वे खेतों में पहुँचाई जाती हैं । यहाँ बोन वाली मशीनरी में बार-बार उठाकर डालने का काम होता है ।

इसका अर्थ यह है कि पूर्व-दत्त धाकड़ों में ट्रकों की ढुलाई, पैकिंग, संभाल कर रखने आदि का व्यय भी जुड़ना चाहिये ।

गणना की गई है कि फास्फोराइट पाउडर की ढुलाई तथा खेतों तक पहुँचाई का व्यय एक वर्ष में 300 मिलियन रुबल पुरानी मुद्रा के अनुसार होता था और उसकी पहुँचाई का खर्चा उसके उत्पादन के व्यय से अधिक होता था ।

सात वर्षों के अन्त में फास्फोरस की खादों का उत्पादन 14 मिलियन टन हो जायेगा । वर्तमान भार के ढोने की दूरी के अनुसार यातायात का धक 30-40 मिलियर्ड टन-किलोमीटर की कार्मिक विशालता प्राप्त करेगा । 1975 ई. तक खनिज का उत्पादन दो से तीन गुना तक बढ़ जायेगा ।

किन्तु इसका हल क्या है ? अधिक प्रभाव-प्रद, अन्य खादों की आवश्यकता है रसायन शास्त्री इस दिशा में कार्य-रत हैं और उन्होंने इस समय भी ऐसे यौगिकों की श्रंखला तय्यार कर ली है जिनमें पहली खादों की अपेक्षा दो गुना तक अधिक लाभकारी पदार्थ होता है

ये उत्पादन में काफी बड़ी मितभ्यषिता लाने वाले साधन होंगे । प्रायः चलकर रसायन शास्त्रियों को, प्रकटतः, अधिक ऊँची सांद्रता वाली खनिज खादें तय्यार करना है—ठीक उस सीमा तक जहाँ उनमें कोई भी धंश व्यय न रह जायेगा ।

कृषि की सेवा करते हुए, रसायन को ग्रंथशास्त्र की समस्याओं की धोर भी चतन्यशील होना है। रसायन कृषि द्वारा विभिन्न रसायनिक तत्त्वों और उनके योगिकों की माँग की मात्रा निर्धारित करने में निर्णायक भूमिका अदा करती है। इसीलिये अमोनिया को, जो बहुमूल्य नाइट्रोजन की खाद अमोनियम नाइट्रेट के उत्पादन के लिये प्रारम्भिक 'कच्चा माल' के रूप में प्रयुक्त होता है, प्राकृतिक नाइट्रोजन गैस से प्राप्त करने का विचार इतना आकर्षक दिखाई पड़ता है। पहले अमोनिया के संश्लेषण के लिये कोल गैस का प्रयोग करते थे। इसमें प्राकृतिक नाइट्रोजन अथवा मिट्टी के तेल के साथ मिलने वाली गैस से अमोनिया प्राप्त करने की अपेक्षा ढाई गुना अधिक व्यय होता था।

.....बीसवी शताब्दी, विज्ञान और तकनीक के इतिहास को, परमाणविक ऊर्जा जटिल रेडियो-विद्युत स्वचालन, राकेट तकनीक तथा मानव-प्रतिभा की अन्य विजयों का युग भेंट करती है। इन ऊँचाइयों पर चढ़ने वालों के बीच में अकाबनिक रसायन शास्त्री पिछली पंक्तियों में नहीं थे। और वे पीछे रह भी कैसे सकते थे? निस्सन्देह अकाबनिक एवं कार्बनिक रसायन तत्त्वों को जोड़ते व तोड़ते हुए, उनके भाग्यों को पूर्णतया अपने हाथों में ले लेता है। इस अद्भुत शक्ति के साथ रसायन शास्त्र उन सामग्रियों और पदार्थों की सृष्टि करता है, जो प्रकृति में नहीं हैं किन्तु जो इस युग में अनिवार्य हैं, जब राकेट उड़ते हैं, परमाणविक ब्वायलर काम करते हैं, फोटो तत्व, सूर्य बैटरी तथा अन्य अनेक चमत्कार पूर्ण वस्तुयें अस्तित्व में आ गई हैं।

फिर इसमें आश्चर्य ही क्या यदि हमारी पार्टों की केन्द्रीय कमेटी लोकतान्त्रिक ग्रंथ व्यवस्था की समस्याओं में देश के रसायनिक उद्योग के विकास को प्रथम स्थान देती है। 1958 ई. में संघ की कम्युनिस्ट पार्टी की केन्द्रीय कमेटी के मई प्लीनम के बाद हमारे देश में रसायन तीव्र गति से आगे बढ़ा। मई प्लीनम के बाद के वर्षों में रसायन उद्योगों के निर्माण में पिछले तेरह वर्षों में लगाये गये साधनों का 1.7 गुना अधिक साधन लगाया गया।

किन्तु यदि आप पिछड़ना चाहें, तो यह बढ़ाव की गति भी संश्लेषित पदार्थों, खादों, तथा अन्य वस्तुओं की तेजी से बढ़ती हुई माँगों को सन्तुष्ट नहीं कर पाती, जिनके वगैर काम चलना कठिन है। "अस्तु, यह आवश्यक है कि रसायनिक उद्योग के प्रति ऊपर, अदूरदर्शी रुख छोड़ दिया जावे और इस दिशा में सरकारी कार्य को विस्तृत किया जावे - एवं रसायनिक उद्योग के विकास से लोकतान्त्रिक ग्रंथव्यवस्था को प्राप्त होने वाले विशाल लाभों और सम्भावनाओं का आर्थिक दृष्टि से ठीक-ठीक मूल्यांकन किया जावे।" एन. एस. ख्रुश्चोव ने

नवम्बर प्लीनम की अपनी रिपोर्ट में कहा था। उसने नियोजन-संगठनों को सलाह दी कि वे "स्टालिन के समय के पिछड़ेपन को त्याग दें और विशाल लोकतान्त्रिक श्रम व्यवस्थाओं का रसायन उद्योग के प्रमुख विकास से प्राप्त होने वाली फलप्रदता का उसके गौरव के अनुसार मूल्यांकन करें।

इसके अपरिमित और विशेषतः जाज्वल्यमान प्रमाणाँ में एक यह है कि यदि टर्बोजनरेटर्स (टर्बोजनित्र) के उत्पादन में सिलिकोन-घागेनिक विसंवाहनों (Insulations) का प्रयोग किया जाये तो पैमाने एक ही रहते हुए, वे 10 प्रतिशत या इससे भी अधिक शक्तिशाली हो सकते हैं। इसी आधार पर सप्तवर्षीय योजना के अन्त में प्राप्त थर्मल विद्युत् स्टेशन की अतिरिक्त शक्ति बोलभस्क के वे. इ. लेनिन के नाम वाले हाइड्रोविद्युत् स्टेशन की शक्ति के बराबर होगी और सिलिकन घागेनिक प्रलाशारस प्रयोग करने वाले कारखानों के निर्माण में बोलभस्क हाइड्रोएलेक्ट्रिक स्टेशन के खर्च की तुलना में दसियों गुना कम व्यय होगा।

"बगैर रसायनिक उद्योग को विकसित किये हुए साम्यवाद का भौतिक एव तकनीकी आधार थोड़े समय के अन्दर बना लेना असम्भव है" एन. एस. ख्रुशचेव ने 15 मार्च 1963 में लिखा था।

2

और, जैसा सदैव होता है, रसायनिक उद्योग की नई उड़ान के पछ विज्ञान की सफलतायें होंगी। निस्संदेह, केवल कार्बनिक रसायन की ही सफलतायें नहीं, यद्यपि कार्बनिक-संश्लेषण उद्योगों को विशेष प्रगति दिलाना है। अकार्बनिक रसायन की भूमिका में आधुनिक तकनीक की बहुत सी बातें निर्भर हैं।

अर्धचालकों (Semi conductors) की रसायन.....। अभी विज्ञान के मानचित्र में नये राज्य की सीमाओं को निर्धारित करने वाले विशेष निबन्ध और पाठ्य पुस्तकें भी नहीं घाई हैं और उसमें जीवन उफान खा रहा है, जोश उबल रहा है, वाद-विवाद चल रहा है, पडोसियों से मित्रतापूर्ण पारस्परिक सम्बन्ध आयोजित हो रहे हैं: बवाण्टम रसायन, मण्णभीय रसायन, भौतिकीय रसायन... आदि से।

विज्ञान के इस नये शिशु के सामने क्या समस्यायें हैं? वह स्वभावतः उन साधारण नियमों की खोज करने का प्रयत्न कर रहा है, जो पदार्थ के अन्तरिक गुणों और उसके अर्ध-चालन (Semiconductor) गुणों के मध्य विश्वसनीय पुल देने की क्षमता रहते हैं। केवल विश्वसनीय प्रवीण पुल के सिद्धान्त की सहायता से ही, उसके रसायनिक गठन (Contents) और टाँचे को जानते हुए, अर्ध-चालक पदार्थ के आचरण के बारे में पर्याप्त ठीक भविष्यवाणी करना

सम्भव हो सरेगा। इसका अर्थ है कि ठीक ऐसे अर्ध-चालक पदार्थों के संश्लेषित किये जाने की सम्भावना नजर में आ रही है जिनकी, उदाहरण के लिये, नाजुक मिजाज रेडियो तकनीक को आवश्यकता है।

यह रसायन की परम्परागत, गम्भीर, सैद्धान्तिक समस्या है। वह पदार्थों के पूर्ण गर्म में हमें पहुँचा देती है, वहाँ जहाँ रसायनिक तत्वों का अस्तित्व उनकी बाह्य अभिव्यञ्जनाओं में नहीं प्रगट होता है वरन् ठीक परमाणु की शारीरिक गठन में अभिव्यक्त होता है।

कुछ समय पूर्व तक रसायन शास्त्र की विश्वसनीय पुस्तकों में जर्मनियम के बारे में पढ़ा जा सकता था : "भौतिकी के पैमाने पर इसका उत्पादन लगभग नहीं होता है। अस्तु, हम केवल उसके संक्षिप्त विवरण तक अपने को सीमित रखेंगे। जर्मनियम के भौतिक समकदार रजत-पट तथा ऊँचे रीफ्रैक्टिंग शीशों के बनाने में प्रयोग किये जाते हैं...." सिलिकन के बारे में इससे अधिक वर्णन मिलता था पर उसके सबसे मूल्यवान अर्ध-चालकीय गुणों का कोई उल्लेख नहीं होता था।

दृढ़-उदर अभ्यवस्थित रूप से अद्यतरे हुए पत्थरों को देखते हुए हमारे दूर के पूर्वजों ने सोचा, "इनका क्या उपयोग हो सकता है?"

उस प्राचीन समय से प्रत्येक युग अपना उत्तर इस प्रश्न के बारे में देता आया है। सिलिकन और जर्मनियम के इतिहास का सबसे पिछला अध्याय इसका ताजा उदाहरण है।

कुछ ही वर्षों के दौरान तकनीक के सभी विभिन्न क्षेत्रों में अर्ध-चालकों का प्रवेश हो गया, जो अपने साथ गुणात्मक रूप से नई और असाधारण तथा दिलचस्प सम्भावनाएँ लाये थे। विशेषतः उन्होंने रेडियो तकनीक के विकास की त्रिमुखी प्रवृत्तियों को अपना उत्तर प्रदान किया। रेडियो मन्त्र का संक्षिप्तीकरण, उनके टिकाऊपन में वृद्धि लाना और उसकी विश्वसनीयता को बढ़ाना। अर्ध-चालकों के उपयोग का दूसरा क्षेत्र ताप-विद्युत (Thermo electric) यन्त्रों और प्लांटों का निर्माण प्रगट हुआ। सिलिकन की सौर बैटरियाँ कास्मास में पृथ्वी से परे स्वचालित प्रयोगशालाओं में स्थित रेडियो यन्त्रों की शक्ति की आवश्यकता को परिपूर्ति करती हुई बड़ी पटुता से काम करती हैं।

तकनीक हर किस्म की नई मांग को वैज्ञानिक प्रयोगशालाओं से प्राप्त करते हुये, साधारणतः, उल्लास से भर कर शीघ्र अधिकार पूर्ण लहजे में माँगें पेश करने लगती है। अमुक-अमुक अर्ध चालक मौजूद हैं, किन्तु, मालूम पड़ता है, शीघ्र ही अन्य अर्ध-चालकों की भी आवश्यकता पड़ेगी, वे कहाँ हैं? वे कब तक बन जायेंगे?

नये अधिक संवेदनशील, विश्वसनीय धर्म-चालक-पदार्थों का संश्लेषण करते हुए वैज्ञानिकों को अभी भी प्रायः अनुभवों के सहारे खोज करने का रास्ता लेना पड़ता है। यह स्पष्ट है कि यह ढग न सबसे सरल होता है न सबसे अधिक फलप्रद। मुख्य दिशाओं की प्राप्ति के लिए सैद्धान्तिक समस्याओं को सफलता पूर्वक हल करना अनिवार्य है। धर्म-चालक रसायन के लिये अतिरिक्त ऊंची शुद्धता रखने वाले धर्म-चालकीय पदार्थों के प्राप्त करने के रसायनिक एवं भौतिक रसायनिक ढगों को खोज निकालने का कार्य विशेष महत्त्व का है।

स्वभावतः हम प्रायः कहा करते हैं : स्वच्छ जैसे, भोस, निदोप जैसे घाँसू। यह काव्यमय है पर पुरातन भी है। हमारे समय में शुद्धता का आदर्श न पहला हो सकता है न दूसरा। किसी भी प्रकार धर्म-चालक-रसायन में तो हो ही नहीं सकता।

विशेषज्ञ, अनिवार्य शुद्धता की सीमा का मूल्यांकन करते हुए कहते हैं : नौ-दशमलव नौ। इसका क्या अर्थ है ?

इसका प्रत्यक्ष उदाहरण यह है। एक गिलाम पूर्ण परिशुद्ध जल में एक नमक का कण घोलिये। इसमें से एक अग्रशताना भर घोल निकालकर चालीस बाल्टियों वाले पीपे के शुद्ध जल में डालिये और उससे एक बूद द्रव लेकर दूसरे शुद्ध जल के चालीस बाल्टियों वाले पीपे में डालिये। तब इस पानी की शुद्धता लगभग 99,99999999 प्रतिशत होगी यानी दशमलव के नौ अंकों तक शुद्धता मिलेगी (दशमलव के बाद नौ अंकों तक शुद्ध मूल्यांकन करते हुए)।

धर्म-चालकीय पदार्थ की अत्यन्त ऊंची शुद्धता की माँग इस बात से स्पष्ट हो जाती है कि ट्रांजिस्टर के काम में अत्यन्त सूक्ष्म मिलावटें भी प्रभाव डालती हैं। उसका कोई निश्चित कार्य करने का आचरण कुछ गिने हुए विजातीय परमाणु भी, जिन्हें यन्त्र के पदार्थ से नहीं निकाला जा सका है, भंग कर सकते हैं।

कुछ प्रौद्योगिकीय क्रियाओं (Technological operations) के स्वचालन (automation) के प्रयत्न इसलिए गम्भीरता से भवसूक्ष्म हो जाते हैं क्योंकि क्रिया के चलने से सम्बन्धित आवश्यक सूचनाओं को इकट्ठा करना कठिन और कभी-बिलकुल ही असम्भव होता है। उदाहरण के लिए धातु-उद्योग में पिघलती हुई द्रव धातु के तापमान को गिराना कठिनाई उपस्थित करता है। वर्तमान ऊष्मा खींचने वाले यन्त्र (हमो भाषा में इन्हें दातचीरु कहते हैं) द्रवित धातु फोलाद गलाने वाली भट्टी के लाल तप्त मेहराबों, तेज गर्म गैसों की धाराओं आदि के स्पर्श से उत्पन्न होने वाली अनिवार्य ऊष्मा से भय खाते हैं। इस दिशा में धर्म-चालकों की रसायन की वास्तविक समस्या कठिनता से गलने वाले धर्म-चालक योगिकों से सम्बन्धित प्रणालियों का अध्ययन तथा कठिनता से गलने वाले बाधित धर्म-चालकों के संश्लेषण की विधियों का निकालना बन गई।

प्राधुनिक तकनीक, साधारणतः कठिनता से चलने वाले यौगिकों के प्रति मजबूत आकर्षण उपस्थित करती है। यह समझना कठिन नहीं है कि क्यों वह ऐसा करती है। तकनीकी उन्नति के लिए, काम करने वाली क्रियाओं के ताप-मानिय स्तरों को ऊँचा करने के अदम्य प्रयत्न स्वाभाविक हैं। किन्तु तापमानिक सीढ़ी की गुलाबी मिराज-वत् ऊँचाइयों पर चढ़ने वाला प्रत्येक कदम बड़ी कठिनाईयों से भरा होता है। बार बार आपको इस जटिल समस्या का मुहाम्बला करना पड़ता है। नए प्रकार के ऐसे ईंधनों का निर्माण करना जो वेशुमार ऊष्मा दे सकें और साथ ही ऐसे पदार्थ तैयार करना जो न सही जाने वाली ऊँची गर्मी को बरदास्त कर सके।

प्राधुनिक तकनीक की अग्रतम शाखाएँ—जेट-इन्जिन सम्बन्धी, राकेट सम्बन्धी, परमाणु सम्बन्धी, तथा अन्य-अग्नि सम्बन्धी क्रियाओं पर काबू पाने की सफलताओं पर आधारित थी। और अग्नि के विकराल मुख के सम्मुख केवल विशेष प्रकाशिक यौगिक ही टट सकते हैं। तकनीक भी अपने विकास के मार्ग को ताप सम्बन्धी रुकावटों से अवरोध देख कर प्रकाशिक रसायन के दरवाजे खटखटा रही थी।

किसी दूर अज्ञात समय से मानव लकड़ी व कोयला जलाकर और वाद में किरोसिन (मिट्टी का तेल) वेन्जीन का काला तेल, प्रकृति से प्राप्त गैस जला कर ऊष्मा प्राप्त करता आया है। इस प्रकार ईंधन का इतिहास साधारणतः केवल कुछ हाइड्रोकार्बन पदार्थों से परिचित था।

किन्तु अब बीसवीं शताब्दी का नभमण्डल आगे निकले हुए घूंट धड़ों एवं पीछे लगे पखनों के सहित वायुयानों का सुपरिचित घर बन गया है। अब ककरोट के बने हुए प्लेटफार्मों से गरजता हुआ, एवं अग्नि की पूँछ छोड़ता हुआ राकेट विशाल ऊँचाइयों को उड़ता है।

रसायन शास्त्री घोर परिश्रम करके नए, अधिक तीव्र गति से चलने वाले जेट विमानों के लिए, तथा उससे भी अधिक शक्ति से चलने वाले राकेटों के लिए ईंधनों की खोज करने लगे। उनका ध्यान बोरोन और हाइड्रोजन के संयोग से बनने वाले यौगिकों ने खींचा। बोरोन और हाइड्रोजन की, या जैसा कि उन्हें अभी भी कहा जाता है बोरोनो की ऊष्मीय क्षमता (Calorific value) 15 हजार किलोकैलोरी प्रति किलोग्राम ईंधन है। यह कार्बन-हाइड्राइड जाति के ईंधनों से प्राप्त होने वाली ऊष्मा से डेढ़ गुना अधिक होती है। और ये बोरोन के यौगिक विद्युत-गति में जलते हैं, जो जेट मीटरों के लिये विशेष महत्व रखता है। बोरोन रखने वाले खनिज की भी कमी नहीं है - फोटोग्राफी से दिलचस्पी रखने वाले सब जानते हैं कि यह साधारण सुहागा है।

मध्य डालते हैं। उदाहरण के लिये, गैस टर्बाइन को 300°C से 1000°C से कुछ ऊपर तक के तापमानों पर चलने वाली क्रिया में उपयोग करते हैं और त्रिया को पर्याप्त तेजी से सम्पन्न करते हैं। तेजी से होने वाले तापमानों के परिवर्तन उतनी ही तेजी से धातु के यंत्रों के घायतनों, लम्बाई चौड़ाई (साइजो) में परिवर्तन उपस्थित करते हैं। अग्नि-सह कवच कभी छोटा और कभी बड़ा हो सकता है। पहले प्रयोग किये जाने वाला एनेमल (Enamel) अत्यधिक भ्रान्तरिक लिचार्बों के प्रभाव से, जो धातु की ऊष्मीय श्वासों से पैदा होते हैं, कड़क जाता था या टूट कर अलग हो जाता था। ऐसी बनावटों (Compositions) का प्राप्त करना आवश्यक था जो अपनी परत को वही रेखीय प्रसरण गुणांक (Coefficient of linear expansion) प्रदान करते हों जो उनके द्वारा रक्षित किये जाने वाले पदार्थ के रेखीय प्रसरण गुणांक के बराबर या लगभग बराबर हों। ऐसी बनावटें भी खोज ली गईं। ये हैं धातु-मिश्रित (Metallic) सीरेमिक्स (मृत्तिका शिलर)। उनके आधार सिलीकेट रोगन (Paint) और सिरासीन (Cerasin) होते हैं। प्रथम अपने साथ अग्नि-सह गुण लाता है (सिलिका 1700°C से ऊपर तापमान पर पिघलता है) और दूसरे का काम रक्षित पदार्थ के ऊपर से पहनी जाने वाली कमीज को फिट (शारीरिक नाप से बिल्कुल उपयुक्त) करना है।

आवरण (परत) में अत्यधिक दृढ़ता होना भी आवश्यक होता है। हर प्रकार के पदार्थों और हर प्रकार की परिस्थितियों से उसे अपने ढाँचे के अन्दर मुकाबला करना होता है। यदि पहने के सिलीकेटीय आवरण अपने ढाँचे को 0.03 किलोग्राम मीटर के धक्के के भीतर ही छोड़ देते थे तो अब नये सिलीकेटीय आवरण 0.8 किलोग्राम मीटर के ऊपर के धक्कों पर भी नहीं टूटते हैं।

किन्तु यह कहना गलत होगा कि धातु-क्षय के विरुद्ध मुख्य संघर्ष में विज्ञान की विजय हो गई है। अग्नि-सह आवरणों की खोज अभी इस समस्या का हल अधिक दूर तक नहीं प्रस्तुत करती है। और वे उन सब परिस्थितियों में काम करने के लिये नहीं प्राप्त हैं, जिनमें काम करने के लिए उनकी माँगें हैं। प्रत्येक धातु के लिए, विशिष्ट परिस्थितियों में, जहाँ उन्हें काम करना है; नये स्वतन्त्र, मौलिक रक्षा करने वाले कवचों को ढूँढना पड़ता है। और इस समस्या से सम्बन्धित सिद्धान्त के जटिल होने के कारण प्रायः अनाड़ी प्रकार से अनुभव के आधार पर चलने वाली खोज यहाँ अपना पूर्ण राज्य स्थापित कर लेती है।

गले हुए लवण धातु के साथ घघल रूप से उसके उत्पादन एवं परिक्षोघन की कुल मजिलों में उपस्थित रहते हैं। धातु-मल, कुल सम्भव प्लवस, वंच्युत अथवा तापीय साधनों के गुसल (Bath), सुरक्षात्मक आवरण, घरातलीय परिशुद्धता के लिए

द्रव सभी गले हुए लवणों की भूमियों की भूमिका से सम्बन्धित हैं। वे एक अत्यन्त सुन्दर भूमिका संचायकों—ताप वाहकों—के रूप में प्रदा करते हैं जब तापमान विशेष ऊँचे हो जाते हैं। अन्त में, रसायन शास्त्री प्राकृतिक खनिज की कुछ किस्मों ने उसके बहुमूल्य अंगों को गले हुए लवणों द्वारा निकालते हैं। उदाहरण के लिए लिचियम के यौगिकों को स्पाड्यूमीन (Spodumene) से इसी विधि से पृथक् करते हैं। इस प्रकार, यदि अकार्बनिक रसायन के सामने इस समय उपस्थित समस्त समस्याओं का उल्लेख किया जावे तो गले हुए लवण उस क्षेत्र में आते हैं जहाँ सिद्धांत की बड़ी ऊँची माँग है।

अभी भी मणिभीकरण तापमान (crystalization temperature), लवणों की वाष्पशीलता (volatility) ऊँची तापमानिक सीमाओं पर गले पदार्थ की उपस्थिति के बारे में ज्ञान बहुत कम है। अभी वे पगडंडिया भी नहीं विछाई जा सकी हैं जिनके सहारे इन तरलताओं के विभिन्न गुणों के रेखाचित्रों के मध्य सम्बन्ध स्थापित किये जा सकें।

गले हुए लवणों द्वारा जनित घातु-क्षय पर काबू पाने की विधियों को निकालने के लिये एक दूर तक लक्ष्य करने वाले विषय के रूप में काम चल रहा है जैसा विदित है, अधिकतर अवसरों में वे अपने द्वारा स्पर्शित घातु के ऊपरी घरातलो को खा लेते हैं। किन्तु ऐसे पदार्थों का खोज लेना सम्भव है जो विप होने वाले अंश को मलहम का गुण प्रदान कर देंगे—एक ललचाने वाली योजना।

भावी तकनीक की उस विशाल चढ़ाई की सीमाओं और कुल दिशाओं की भविष्यवाणी करना कठिन है जो इस समय अकार्बनिक रसायन की, बिल्कुल अभी तक अछूती, भूमि पर—विरल तत्वों की भूमि पर सम्पन्न की जा रही है।

विरल मिट्टियों के ग्रूप को भी लेना है।

“इनका उपयोग क्या है?” अकार्बनिक रसायन शास्त्रियों ने धीरे परिश्रम द्वारा उन्हें विलग करते हुए और उनके सहजातिधों को प्रभेदित करते हुए अपनी परेशानी प्रकट की। व्यावहारिक कार्यकर्ता कंधे बिचकाते हुए कहते थे : “कांच के उद्योग में, सिरेमिक उद्योग में” फिर कहाँ उनका उपयोग किया जाये, नहीं मालूम है। इसलिए, अभी रसायनिक साधियों, इस बहुमूल्य उपज के उत्पादन में जल्दी न कीजिये।”

किन्तु ये अनोखे अनन्य पदार्थ, जिनके बारे में यह भी नहीं ज्ञात था कि प्रकृति ने उन्हें किस काम के लिये बनाया है, शीघ्र ही महत्वपूर्ण कच्चे माल में परिणत हो गये। तथापि, इस प्रकार के परिवर्तन बीसवीं सदी की आश्चर्य-

चकित नहीं करते हैं। वह भौतिकीय क्षेत्र में अकार्बनिक रसायन के ऐसे यज्ञस्त्री, अग्रणी कार्यकर्ताओं की शानदार पलटन की प्रत्यक्ष साक्षी है जैसे बर्नाडियम, कोबाल्ट, मालीबडोनम, यूरेनियम, प्लूटोनियम, थोरियम, सेरोलियम तथा अन्य।

जैसे ही परमाणविक तकनीक का ध्यान विरल धातु पदार्थों की ओर आकर्षित हुआ, वे महत्वपूर्ण पदार्थ बन गये। वैज्ञानिकों ने घोषित किया कि सीरियम, गैडोलीनियम, समेरियम, एवरोपियम तथा विशेषरूप से इट्रियम (Yttrium) को इस क्षेत्र में अत्यन्त विविधता पूर्ण उपयोग प्राप्त है।

ये धातुएँ तापीय न्यूट्रोनो, जैसा कि उन्हें कहा जाता है, के प्रति एक सदा व्यवहार नहीं प्रकट करती हैं। आपको स्मरण होगा कि तापीय, धीमे न्यूट्रोन नाभिकीय रिएक्टर (Nuclear Reactor) में शृंखलाबद्ध अभिक्रियाओं (Chain Reactions) को पहल देने वालों और उन्हें जारी रखने वालों की भूमिका भ्रंश करते हैं, अर्थात् मुख्य भूमिका भ्रंश करते हैं। यदि उनकी संख्या अपर्याप्त होती है तो नाभिकीय ईंधन केवल लड़खड़ाता हुआ चलता है या बुझ जाता है। यदि उनकी संख्या सामान्य (Normal) से अधिक होती है तो भी बुरा होता है। शृंखला बद्ध अभिक्रिया इतनी तेजी पकड़ लेती है कि उसे विस्फोट से नहीं बचाया जा सकता है। इसलिये तापीय न्यूट्रोनो को निश्चित रूप से क्रिया के लिये आवश्यक मात्रा से न अधिक होनी चाहिये न कम।

नाभिकीय ईंधन — यूरेनियम, प्लूटोनियम, या थोरियम-रीएक्टर में धातु के आवरणों में भर कर रखा जाता है। धातु के अन्य ढांचे भी होते हैं, जो रिएक्टर के सक्रिय क्षेत्र में स्थित होते हैं। इन ढांचों के बनाने वाले पदार्थ को ऐसा होना चाहिये कि वह तापीय न्यूट्रोनो के बीजकेंद्रों के तोड़ने के कार्य को पूरा करने में बाधा न उपस्थित करे, अर्थात् जैसा कि विशेषज्ञ कहते हैं उनका तापीय न्यूट्रोनो की पकड़ का वृत्त छोटा होना चाहिये। इट्रियम का तापीय न्यूट्रोनो की पकड़ का दायरा छाँटा होता है और इसके साथ ही वह हल्का और हड़ होता है। ये सब गुण तत्त्व संख्या 39 को परमाणविक तकनीक की रचनाओं के लिए अत्युक्त पदार्थों की प्रथम पक्ति में बैठा देते हैं।

और लैंग्थनायडे गैडोलीनियम और सेरोलियम तापीय न्यूट्रोनो की पकड़ का बड़ा दायरा रखते हैं। यह भी बहुमूल्य है। वे जीव-विज्ञान (biological) सुरक्षा सम्बन्धी समस्याओं को अधिक सफलता के साथ हल करने की अनुमति देते हैं। अमेरिका के वैज्ञानिकों की सम्पत्ति से इसके लिए मोटी चद्दर के स्थान पर पतली और हल्की चद्दर बनाना सम्भव है। निस्संदेह, विशाल, भारी जंजीव सुरक्षा कवच बनाना (aviation) में परमाणविक मोटरों के प्रवेश करने में गम्भीर बाधा उपस्थित करता है।

किन्तु केवल परमाणविक तकनीक ने ही विरल मिट्टी को स्वीकार किया हो ऐसी बात नहीं है। धातुकर्मिक विज्ञान (Metalurgy) ने प्रतिपादित किया है कि इन तत्वों का मिश्रण (जिसे रूसी भाषा में मीशमेनाल कहते हैं) स्टेनलेस स्टीलों (Stainless steels) पर लाभकारी प्रभाव डालता है : उनकी पत्तर अथवा चद्दर बनाने की क्षमता को बढ़ाता है (जो अधिकांश किस्म के वेदाग इस्पातो का मामिक पहलू है) तथा धातु-क्षय के विरुद्ध दृढ़ता देता है।

प्रकट हुआ कि, उदाहरण के लिए, प्रेसोडिमियम (Presodymium), सीरियम (Cerium), लैन्थेनम (lanthanum) की प्रायसाइडें ऊंची ताप वैद्युतीय चालक शक्ति (Thermoelectric motive force) रखती है। 500°C - 700°C के तापमानों तक गर्म किये जाने पर वे विद्युत बंटरी का रूप ले लेती हैं, जो 1.4 वोल्ट तक की विद्युत-धारा देती हैं।

इट्रियम प्रत्यात गेटर (Getter) उच्च शून्यक (high vacuum) की दशाओं में प्राप्त होने वाली गैसों के ग्राहक के रूप में प्रकट हुआ। और उच्च शून्यक उच्च दबावों की भांति ही, विज्ञान और तकनीक का आधुनिकतम, निरन्तर पूर्णता की ओर विकसित होने वाला अस्त्र है, जो प्रकृति के बहुत से रहस्यों के हल की, चमत्कारपूर्ण यन्त्रों के निर्माण की, असाधारण प्रक्रियाओं के सफल संचालन की, जादू भरी कुन्जी है। उच्च तापमानिक प्लाज्मा एवं तापनामिकीय प्रतिक्रियाओं के अनुसन्धानक प्रति उच्च शून्यक (Super high vacuum) के प्राप्त करने में गम्भीरता से दिलचस्पी रखते हैं। पूर्ण दर्शी (gyroscope) कास्मिक यान के स्वचलित निर्देशक—के निर्माताओं को भी विश्वसनीय शून्यक की आवश्यकता थी और इलेक्ट्रॉनिक लैम्प तथा सिनेस्कोप के निर्माताओं को भी इसकी आवश्यकता थी। और सिन्क्रो साइक्लोट्रॉन (Synchro-cyclotron) को भी.....।

अधिक विनयशील एवं भौमिक सीरीयम के सम्भव उपयोग हैं। मोटर बनाने और घाटो मोटरों के केन्द्रीय वैज्ञानिक अनुसंधान के संस्थान, विरल धातुओं के राजकीय संस्थान, और गोर्की नगर के मोटर के कारखाने के सम्मिलित कार्य ने यह मिद्ध किया कि यह तत्व मोटर के कारखानों में क्रैंकशाफ्ट (Crank Shaft) बनाने वाले कच्चे लोहे को बहुत उत्तम बना देता है।

सन् 1962 ई० मे स्वेल्डॉव्सक में विरल तत्वों के उपयोग के बारे में होने वाले सम्मेलन ने प्रकट किया कि इस समय यांत्रिक इन्जिनियरिंग उद्योग (mechanical engineering industry) जिर्कोनियम की सान्द्रित उपजों की ओर अधिक दिलचस्पी दिखा रहा है।

(जिकॉनियम के सान्द्रण) जलने के विरुद्ध बड़ी सहनशीलता एवं स्थायित्व करने वाले पदार्थ होते हैं। उनका धातु गलाने के कारखानों में उपयोग स्मेल्टिंग विभाग के कर्मचारियों की संख्या घाटी कर देता है। और प्राप्त होने वाली धातु—सिलों अथवा पिन्डों की ऊपरी सतह साफ मुयरी होती है और कटाई छटाई अथवा तरशने की क्रिया सबसे कम हो जाती है, यूक्रेन तथा फेडरेशन के अनेक कारखाने इन्हीं उद्देश्यों से जिकॉनियम सान्द्रणों का उपयोग इस समय भी कर रहे हैं।

और कितना अच्छा हो यदि स्वाभावतः गुणो, तत्व बोरोन विरल मिट्टी के तत्वों से संयोजित होने लगे ? इस सुखद विचार ने अकार्वनिक रसायनशास्त्रियों को रेडियो-इलेक्ट्रॉनिक के लिए अत्यन्त बहुमूल्य पदार्थ प्राप्त करने में सहायता दी। विरल मिट्टी के धातुओं (विरल मृद-धातु) के बोराइडों में, विशेषतः लैन्थेनम के हेक्सा—बोराइड में गर्म होने पर इलेक्ट्रानों की अत्यन्त बड़ी मात्रा उन्मुक्त करने की क्षमता होती है, दूसरे शब्दों में, उनमें उच्च तापीय-उत्सर्जन के गुण होते हैं। बोराइडों के कंधोड नीचे दबावों की दशा में उत्तम कार्य करते हैं, ऊँचे तनावों के क्षेत्रों में (high tension fields) में उपयोग किये जा सकते हैं; धायनिक बम्बाईमेंट से उसके गुण खराब नहीं होते हैं।

यदि अभी कुछ ही दिन पूर्व अकार्वनिक रसायन के इस सुभाष पर कि 'विरल मिट्टी के तत्वों का अधिक मात्रा में उत्पादन किया जावे' व्यावहारिक क्षेत्र की प्रतिक्रिया सुस्त थी, तो अब व्यावहारिक क्षेत्र अकार्वनिक रसायन शास्त्रियों पर आरोप लगाता है कि वे इन लगभग अगम्य तत्वों के उत्पादन के ढंगों को सुधारने व परिपूर्णता की ओर विकसित करने में सुस्ती दिला रहे हैं, जिससे विरल मिट्टी के तत्व अभी अक्षम्य रूप में रहेंगे हैं और कम परिमाण में प्राप्त होते हैं। फिर भी, कुल लैन्थेनायडों के लिये अभी बहुत अधिक मांग नहीं है। पर समय बीतने पर, जब उनके उपयोग और अधिक स्पष्ट हो जायेंगे उनकी मांग पैदा हो जायगी। यह घबघप्यभावी है वे तत्व जो इस समय किसी प्रयोग में नहीं आते हैं भविष्य में खुलने वाले दरवाजे हैं जो इस समय पूर्ण रूप से बन्द हैं। और ससार में सबसे अधिक आकर्षक और महत्वपूर्ण वही है जो इन बन्द दरवाजों के पीछे छिपा है। इसका मतलब यह है कि इस समय भी उनकी कुञ्जियाँ प्राप्त करने के लिये कुछ न कुछ सोग लगन के साथ जुटे हैं।

प्राग में विज्ञान की सुयोजित करने के सम्बन्ध में किये गये परिसंवाद (Symposium) में बोलते हुए वैज्ञानिक पे. एल. कपित्सा ने विशेषतः इस विषय पर जोर दिया कि "अभी तक कोई परिमाणात्मक सिद्धान्त ऐसा नहीं है

जो पदार्थों के गुणों को—उदाहरण के लिये उनके यान्त्रिक गुण, ऊँचे तापमानों की दशा में घावसीकरण का विरोध करने की क्षमता, तथा अन्य—को उनकी रसायनिक बनावटों और भौतिक ढाँचों से सम्बन्धित कर सके, यद्यपि परमाणुओं के मध्यस्थ शक्तियों की प्रकृति भली भाँति ज्ञात हो चुकी है ।”

इसीलिये खोज करने का मुख्य मार्ग यहाँ ‘अनुभववाद’ पर आधारित है । किन्तु यह सिद्ध करना कठिन नहीं है कि अनुभववाद भी इस समस्या को पूर्ण रूप से हल नहीं कर सकता है । हमें लगभग 100 तत्व ज्ञात हैं । और ये सब तत्व भ्रत्वाय बनाते हैं । पर यदि यह मान लिया जाये कि एक धातु अथवा भ्रत्वाय के आवश्यक गुणों—उसकी दृढ़ता, अदाहता लचक, धैर्यत्वं संवाहकता (electrical conducting) आदि—के लिखने में एक पृष्ठ लगता है तो कुछ तत्वों के गुणों के वर्णन के लिये 100 पृष्ठ चाहिये । दो तत्वों से बने भ्रत्वायों के गुणों को लिखने के लिये दस हजार पृष्ठ आवश्यक हैं । तीन तत्वों से बने कुल भ्रत्वायों के गुणों को लिखने के लिये दस लाख पृष्ठ और चाहिये । यह घासानो से देखा जा सकता है कि तीन तत्वों की प्रणाली के भ्रत्वायों का अनुसन्धान और सुव्यवस्थित वर्णन एक चरमसीमा की सम्भावना है । किन्तु यह ज्ञात है कि व्यवहार में चार अंगों से निर्मित भ्रत्वाय भी प्रयोग किये जाते हैं और इससे भी अधिक अंगों के भी, तथा इन भ्रत्वायों ने महत्वपूर्ण समस्याएँ हल की हैं ।”

“क्या सदेव ऐसा ही बना रहेगा ? मैं नहीं सोचता हूँ । इस प्रकार के बहु-अंगीय भ्रत्वाय, हो सकता है, इत्तफाकिया मिल गये हों, किन्तु अधिक सम्भव यह है कि वे प्रतिभा-सम्पन्न वैज्ञानिकों की ध्यातः प्रज्ञ (अन्तर्ज्ञान सम्बन्धी) ध्याण-शक्ति (Intuition) द्वारा प्राप्त हुए हों, जो दूसरे नये अधिक स्वादिष्ट खाद्य पदार्थ तैयार करने की क्षमता रखने वाले दक्ष रसोइयों के समान कार्य करते हैं । यदि अन्तर्ज्ञान (Intuition) है तो इसका अर्थ है कि नियमितता भी है । विज्ञान का कार्य है कि इन नियमितताओं को उद्घाटित करे, किन्तु इन जटिल समस्याओं के हल का कोई ढंग इस समय नहीं प्राप्त हो सका है, और यह निस्सन्देह अविष्य की समस्याओं में एक है ।”

चाहे नव पूर्व-निर्दिष्ट गुणों वाले अर्ध-चालकीय पदार्थों के संश्लेषण की समस्या हो, चाहे धातु को क्षय (Corrosion) से सुरक्षित रखने के लिये नई भागों की खोजों की समस्या हो, चाहे तकनीक की सर्वाधुनिक भागों के सन्तुष्ट करने के लिये किसी भ्रत्वाय को प्राप्त करने की समस्या हो । अनुसन्धान कर्ता अपने हर पग पर इसी से टकराता है कि ‘अभी तक कोई परिभाषात्मक सिद्धान्त नहीं प्रतिपादित किया जा सका है जिससे पदार्थों के गुणों को उसके रसायनिक

बनावट तथा भौतिक ढांचे से जोड़ा जा सके । इस समय प्राप्त तथा भागे प्राप्त होने वाले तथ्यों के आधार पर ऐसे परिभारणात्मक सिद्धान्त की दृष्टि न केवल अनुभव-वाद पर आधारित अनुसन्धान के टेढ़े लम्बे मार्ग को सीधा बनाती है वरन् जो पहले से भाये जाने वाले दायरे के भी पीछे हैं उसे भी प्राप्त करना सम्भव बनाती है । इस समय भी कार्बनिक मशलेपण रसायन शास्त्रियों को पदार्थों के गुणों की मात्रा नियन्त्रित करने की (dosing) अनुमति देता है । किन्तु पदार्थों की प्रतिक्रियात्मक क्षमता के मूल कारणों के अन्दर घुसना रसायनिक सम्बन्धों की प्रकृति का अधिक परिपूर्ण स्पष्टीकरण है । कुछ पदार्थों के दूसरे पदार्थों पर प्रभाव के रहस्यों की कुञ्जी मनुष्य के प्रकृति पर अधिकार को अपरिमित रूप से शक्तिशाली बना देती है । असंगतियों रहित, हर प्रकार से परिपूर्ण उत्प्रेरण (Catalysis) का सिद्धान्त भावी रसायण में बड़ी सम्मानपूर्ण भूमिका अदा करेगा । उत्प्रेरण प्राकृतिक घटना (Phenomenon) रहस्य के गम्भीर घुँसे से आच्छादित है और वैज्ञानिक चमत्कार के प्रभामण्डल से घिरी हुई है । वैज्ञानिक रूप से इसे स्पष्ट करना कि कैसे उत्प्रेरक प्रतिक्रिया में भाग लेने वाले पदार्थों की निष्क्रियता को भंग करते हैं और उनमें सक्रियता उदय करते हैं जब कि वे पूरे के पूरे रसायनिक व मात्रिक दृष्टि से प्रतिक्रिया के वाद प्राप्त हो जाते हैं, कठिन है और कभी असम्भव सा भी दिखाई पड़ता है । कुछ महान वैज्ञानिकों के लिये भी यह रहस्यपूर्ण समस्या है । उत्प्रेरकों (Catalytic agents) के लिये भी वही सब गुण बताये गये जो कीमियागरों ने सर्वशक्तिमान 'दार्शनिक प्रस्तर' के लिये गढ़े थे । स्वभावतः विज्ञान में अयोध्य (ज्ञान से परे) बातों द्वारा स्पष्टीकरण उचित एवं सुविधाजनक नहीं होता है । और यहां रसायन शास्त्रियों व भौतिक शास्त्रियों दोनों ने अपने सामने यह लक्ष्य रखा है कि 'उत्प्रेरकों के रहस्यों को खोला जाये' । विभिन्न प्रतिक्रियाओं के चलने के दौरान उत्प्रेरकों के कार्य की मशीनरी को पर्याप्त एवं विश्वस्त रूप से समझा गया और उत्प्रेरण सम्बन्धी कुछ सिद्धान्त निकाले गये । किन्तु आज दिन तक अनेक बातें, समझी नहीं जा सकी हैं ।

तथापि विस्तृत रूप से 'मानवता की सेवा में अपने हाथ बढ़ाने' में इस उत्प्रेरण की श्रिया ने रसायन की काम सहायता नहीं की है । उत्प्रेरकों के बिना न हमको सल्फ्यूरिक एसिड (Sulphuric acid) प्राप्त होती न नाइट्रिक एसिड, न अमोनिया, न मशलेपित खंवर, न अन्य अनेक प्रयत्न महत्त्व के योगिक । युद्ध-काल में कच्चे ताल के अभाव से, उत्प्रेरक कठिन परिस्थितियों में ऐसे अवसर आए हैं जब उत्प्रेरक ने अस्थिति होकर पूरे-पूरे राश्ट्रों को बचाया है ।

1947 ई. में प्रकृतित सोवियत उत्प्रेरण सम्बन्धी सम्मेलन में भाषण देते हुए अर्कडेमोशियन (विज्ञान वेत्ता) एन. दे. जेलेन्स्की ने बताया कि किस प्रकार उत्प्रेरक पदार्थ खोज निकाला था जो हमारे वायुयानों की ईंधन सम्बन्धी भूल की पूर्ति की पूरी गारन्टी करता था। A.N.U.S.S.R. के मंत्रादाता एस. जे. रोगिन्स्की ने लिखा है "युद्ध कालीन रसायन की सबसे महत्वपूर्ण टेकनालाजी एवं कच्चे माल सम्बन्धी सफलताएँ कुछ विरले प्रपवादों को छोड़ कर, सब प्रमित रूप से औद्योगिकीय-उत्प्रेरण की सफलताओं से सम्बन्धित थी। उत्प्रेरक पदार्थ ऐसी जादू की छड़ी प्रगट हुए जिसकी सहायता से लड़ने वाले देशों के रसायन-शास्त्री आघात होने वाली उपजों का स्थान लेने वाले नये कृत्रिम पदार्थ बना कर, सस्ते, प्रकृतित कच्चे माल को मूल्यवान पदार्थों में बदल कर...., कच्चे माल की ट्कावटों से बच सके। दूसरे महायुद्ध ने यह सिद्ध किया कि औद्योगिक उत्प्रेरण की तरंगमयी, चमत्कार पूर्ण जवानी समाप्त नहीं हुई है। वह अब भी नई सम्भावनाओं का प्रदूट षण्डार अपने में छिपाये है।"

प्रतिक्रियाओं के तीव्र एवं नियन्त्रित करने के लिये प्रयोग किये जाने वाले पदार्थों को भरती में बड़ी तेजी से परिवर्तन हो रहे हैं। प्लैंटोनम तथा पर्सिट्रिन ने सम्पर्कों (उत्प्रेरकों) के संसार में अपनी विशेषाधिकारपूर्ण स्थिति खो दी है। अधिक जनवादी तत्वों—बर्नेडियम, लोहा, निकल, क्रोमियम के योदिक, एन्ड्रु-मिनियम—ने उनका स्थान ले लिया है। पर प्रत्येक निश्चित प्रतिक्रिया के लिये उभयुक्त उसका अपना उत्प्रेरक खोजना पड़ता है। इसके अनिश्चित, बड़े-बड़े-रूपतायें (analogies) काम नहीं देती हैं, रसायनिक दृष्टि से दृष्ट-ही-बादि के पदार्थ एक दूसरे का स्थान विशेष प्रकार से विविष्ट स्तर (उत्प्रेरक) को प्रतिस्थापित करने में नहीं ले सकते हैं। दूसरी ओर, चरम, विभिन्न रक्तों वाले योगिक प्रतिक्रिया के प्रवाह पर अपने उत्प्रेरणसमक प्रसाद के दृष्टिकोण से निश्चय सिद्ध होते हैं। और यह सामान्यीकरण एवं निश्चय-निश्चय के मार्ग को कठिन बनाता है। लगभग प्रत्येक तत्व मूल रूप से उत्प्रेरक पदार्थ की भाँति काम करता है। किन्तु यह खोज लेना कि किस प्रतिक्रिया के लिये, और किस प्रकार, वह उत्प्रेरण का कार्य करता है, ऐसे ही कठिन है जैसे किसी बड़े नगर में मोटर बस की फर्श में पड़े हुए बटन के मानिक को खोज लेना।

शीघ्र मयवा देर. में, इस हमारे समय की सर्वाधिक महत्वपूर्ण वैज्ञानिक समस्या के अध्ययन के दौरान पारिभाषिक पद, 'उत्प्रेरण—सिद्धांत के इलेक्ट्रोनी-फिकेशन' का पंदा होना प्राक्विक या और वह पंदा की इतर क अपेक्षतः बहुत शीघ्र इसने सूचित किया कि इन समस्याओं के उत्प्रेरण के निरीक्षण ने भविष्य जाली, परमाणुविक बीज केन्द्रों एवं इतर...

के निरीक्षण का स्तर प्राप्त कर लिया था और यहाँ भौतिक शास्त्रियों ने अधिक सफलता से काम किया। भौतिक शास्त्रियों से रसायन शास्त्रियों के मेल ने रसायन शास्त्रियों की भाँति एक और महत्वपूर्ण दिल्क्ष्य परिस्थिति की घोर खोली।

“उत्प्रेरण के लिये प्रयोग किये जाने वाले ठोस पदार्थों और मिश्रणों में अधिकतम - लौह धावसाइड, वनैडियम, जिक (जस्ता), तांबा, मैंगनीज, सल्फाइड, बोल्फाम, मालोवडीनम, प्रत्युमिनोसिलिकेट—अर्ध-चालक पदार्थ हैं, जिसके बारे में बहुत भस्से तक अधिकतम रसायन शास्त्रियों ने ठीक उसी प्रकार कोई शक भी नहीं किया था जैसे मोलर के प्रसिद्ध सुखान्त नाटक के नायक को अपनी पूर्ण प्रीढ़ावस्था तक यह मन्नेह भी नहीं हो सका था कि वह गद्य में बोल रहा है”—
एस जे. रोगिन्स्की ने अपनी घोर साधियों की कमजोरी प्रगट करते हुए हँसी में कहा था।

“उत्प्रेरण-सिद्धान्त का इलेक्ट्रोनीफिकेशन” पूर्ण गति से चल रहा है। रसायन शास्त्रियों तथा भौतिक शास्त्रियों का मेल वह शक्ति है जिसके सामने कोई भी प्रकृति का रहस्य छिपा नहीं रह सकता है चाहे वह उत्प्रेरण की प्राकृतिक घटना के समान ही बड़ी सूक्ष्मता से कोडीफाई करके प्रकृति द्वारा क्यों न रखा गया हो। उत्प्रेरण की प्राकृतिक घटना पर पूरी तोर से लागू होने वाले कठोर परिभाषात्मक नियमों का उद्घाटन एवं प्रतिपादन पूरे भौद्योगिक क्षेत्र में क्रान्ति ले धारिगा, जिसका अर्थ है कि वह समाज के सांस्कृतिक जीवन में क्रान्तिकारी परिवर्तन उपस्थित करेगा।

किन्तु पूर्ण असमयियों रहित उत्प्रेरण के सिद्धान्त से क्या मिलेगा ?

सबसे पहले उसकी सहायता से रसायन शास्त्री ऐसे उत्प्रेरक चुन सकेंगे, जो वर्तमान उत्पादन की ज्ञान प्रतिक्रियाओं को सर्वाधिक सुविधा पूर्ण प्रवाह प्रदान करेंगे। किन्तु यदि इस समय, मान लीजिये, संकड़ों और हजारों धातु-महलीय दबावों, संकड़ों डिग्री के तापमानों का आश्रय क्रिया को आवश्यक दिशा में चलाने और स्वीकार्य उत्पादन को सुरक्षित रखने के लिये, लेना पड़ता है तो तब वही प्रतिक्रियाएँ सर्वाधिक श्रेष्ठता के साथ साधारण परिस्थितियों में चलेंगी बर्गर मध्ये साजो-सामान के और बर्गर विशाल मात्रा में ऊर्जा व्यय करायें हुए।

साधारणतः, आखिरकार, हम वह करने में सफल होते हैं जिसे करने में प्रकृति आज से बहुत पहले सफल हो चुकी है। जैसा सब जानते हैं, हमारे शरीर में अतिरिक्त ऊँचे दबाव नहीं होते हैं और नियमतः 36-60 सेंटी ग्रेड में ऊँचे तापमान भी नहीं चढ़ते हैं, और प्रतिक्रियाएँ अत्यन्त मेचीदगी और तीव्रता से

चलती रहती है। यह केवल इसलिये होता है कि महान रसायन-शास्त्री प्रकृति ने मनुकूल उत्प्रेरक चुन रखे हैं। हम उन्हें फरमेंट्स (ferments) कहते हैं।

किन्तु मुख्य यह है कि सुलभ रसायनिक रूपान्तरणों का वृत्त निरन्तर अपरिमित रूप के बढ़ता जा रहा है। ऐसे पदार्थों की भाँति भा रही हैं, जिनके बारे में वर्तमान नहीं जानता है कि कैसे उनको प्राप्त किया जावे। वह समय आवेगा जब पदार्थों पर रसायन का पूर्ण राज्य होगा। मनुष्य 'व्यर्थ पदार्थ' (रही माल) का नाम ही भूल जायेंगे। उसी प्रकार जैसे प्रकृति में नाइट्रोजन, पानी आदि के चक्र होते हैं, 'दूसरी प्रकृति' में पदार्थों के चक्र होंगे, जो निरन्तर परिशोधित एवं परिवर्तित होते रहेंगे और कभी फँके न जायेंगे। मानव को हर प्रकार के पदार्थों के उद्गम सुलभ होंगे। उनके समक्ष महासागर अपने धनों का दरवाजा खोल देंगे। विशेष चुने हुये समूहों में काम करने वाले अथवा विशिष्ट क्रियायें सम्पन्न करने वाले उत्प्रेरकों की सहायता से रसायन शास्त्री सागरीय जल से कुल उसमें उपस्थित तत्व और उनके योगिक निकालना प्रारम्भ कर देंगे।

यह भी सम्भव है कि इसकी आवश्यकता न पड़े। पदार्थों की रचना के सिद्धान्त पर पूर्ण अधिकार रखते हुए, विभिन्न प्रकार के रसायनिक बन्धनों के आन्तरण के सम्बन्ध में कठोर परिमाणात्मक सिद्धान्त हस्तगत करते हुए, उत्प्रेरण के नियमों का उपयोग करते हुए, और बीजकेन्द्रीय अम्बाइमेंट की महाविश्वास शक्ति को अपनी सहायता में लगाते हुये, मानव रसायनिक योगिकों और तत्वों का भी निर्माण करेगा। रसायनिक-भौतिक शास्त्री और भौतिक-रसायण शास्त्री अपने विश्वस्त हाथों से पदार्थ बनायेंगे, जिनको पृथ्वी के गह्वर में प्राप्त करना कठिन या असुविधा पूर्ण है।

पर यह भविष्य वाशी करना कठिन है कि विज्ञान की इन पूर्ण रूप से पहले से देखी जाने वाली, एवं वास्तविक सफलताओं के फलस्वरूप कौन से नये पदार्थ प्रगट होंगे। निस्सन्देह, वर्तमान समय में जो संश्लेषण हो चुके हैं, वही मानव को कल्पनाओं के बहुत भाग निकल चुके हैं।

भविष्यवाणी करना कठिन है, किन्तु यदि जो आज अकल्पनीय है, उसकी उपेक्षा न की जाये तो प्रकाशिक रसायन की कुल आश्चर्य जनक सफलतायें केवल भविष्य की उपलब्धियों का पूर्वातिहास मालूम पड़ती हैं। हमने प्रकृति की स्वतः स्फूर्त शक्तियों द्वारा पृथ्वी पर एक तत्व-कार्बन और उसके योगिकों के लिए रची गई विशेषाधिकार युक्त परिस्थितियों का वर्णन किया है। हूँ घेरने वाला विश्व अपने सम्पूर्ण ऐश्वर्य के सहित यह प्रदर्शित करता है कि विश्व की केवल एक ईंट जब वह अपने सुवाञ्छित सम्बन्धित माध्यम को प्राप्त कर लेती

है, कितनी प्रतिभा-सम्पन्न होती है। वह निर्माण करती है बर्गर धके हुए, निःस्वार्थ अपना कौशल दिखाती है और अनुभव संचित करती है। किन्तु, निःसन्देह, सी से अधिक इस प्रकार की विश्व-रचना की ईंटें हैं, उनमें कुछ ऐसी हैं जो अपने ढांचे और बाह्य अभिव्यंजनाओं में बाबेंन से निकटता प्रगट करती हैं। ऐसी कृत्रिम परिस्थितियों के रचे जाने की सैद्धान्तिक सम्भावना के मान लेने में कोई बाधा नहीं पड़ती है जिनमें कार्बन नहीं, किसी अन्य तत्व, कोई अन्य यौगिकों को विशेषाधिकार प्राप्त होंगे। मान लीजिये, सिलिकन, जर्मेनियम, टिन, या गंधक-या अल्युमिनियम, बोरान, ल्फोरीन। और तब केवल एक इस विचार से मनुष्य स्तब्ध रह जाता है कि विश्व 'निर्जीव विश्व यानी अकार्बन का विश्व भी सजीव (with life) हो जायेगा', हो सकता है कि मनुष्य इसे पृथ्वी पर न कर सके, बल्कि किन्हीं दूसरे ग्रहों में कर सके। हो सकता है कि इसी मार्ग से आकाशीय पिण्डों का निर्माण होने लगे। अन्त में यह अपवाद नहीं है कि मेडेलीफ प्रणाली के एक या दूसरे तत्व के धनने के लिये सजीव आवश्यक परिस्थितियां मनुष्य को विश्व के किसी अशांत गृह में प्रवेश करने के बाद प्राप्त हों। जहां इस पृथ्वी विभिन्न वायुमण्डल व मिट्टी होगी और विभिन्न पौधे व पशु होंगे मनुष्य के साहस की सीमा नहीं है। और अकार्बनिक रसायन साहसिक कार्यों के लिए बड़ी अनुकूल भूमि है।



तत्वों के देश का मानचित्र

इस 'देश' के निवासी आवर्तों (periods) और वर्गों (groups), पंक्तियों (rows) और उपवर्गों (sub groups) की कठोर व्यवस्था के अन्तर्गत रहते हैं। सात आवर्त (Periods) है, दस पंक्तियाँ है, नौ वर्ग हैं। लैटिन वर्णमाला के अक्षर स्तम्भ तत्वों के प्रतीक (Symbol) है। सोना, चाँदी, प्लैटीनम, यूरेनियम, रेडियम, यह है सच्चा 'घनों का द्वीप' !

हमारे सामने दिमित्र इवानोविच मेडेलीफ की तत्वों की आवर्त सारणी है जो तत्वों के विशाल देश का मानचित्र है।

इसे मानचित्र कहलाने का अधिकार उस विशाल भूमिका से प्राप्त होता है, जो आवर्त-सारणी विज्ञान में ग्रामतौर से और रसायन शास्त्र में विशेष रूप से प्रदा करती है। वर्तमान रसायन शास्त्र बगैर इसके सोचा ही नहीं जा सकता है, क्योंकि तत्वों की आवर्त सारणी पिछले सचिंत ज्ञान का फल, अविष्य की योजना, काम करने के लिए दैनिक पथ-प्रदर्शिका, और रसायन के विकास के कुल मार्गों का एक मात्र, विश्वस्त, दिशा सूचक कुतुबनुमा है। नहीं, केवल मानचित्र कह देने से उपमा पूरी नहीं होती है, मानचित्र ठीक-ठीक बताता है कि किधर जाना है, पर इसके अतिरिक्त कुछ और नहीं बताता है। उदाहरण के लिये देश के रहने वालों के चरित्र के बारे में कुछ नहीं कहता, कोई भी उपमा आवर्त-सारणी की सभी गहराइयों को व्यक्त करने में असमर्थ है। यदि इसकी उपमा हम मानचित्र से देते हैं तो यह बोलता हुआ मानचित्र है। वह मानचित्र होने के साथ साथ दिग्दर्शक और पथ-प्रदर्शक भी है।

मानचित्र से प्रारम्भिक परिचय

जैसे भौगोलिक मानचित्र में हम अदिकांश प्रथम-अन्वेषकों के नाम पढ़ते हैं ठीक उसी प्रकार आवर्त सारणी में भी तत्वों के नाम प्रमर हैं, जिनकी खोजों के बगैर आधुनिक विज्ञान सोचा ही नहीं जा सकता है। ये हैं प्येरे तथा मरियम थूरो, अल्बर्ट आण्स्टाइन, एनरिको फेर्मि, तथा दिमित्र मेडेलीफ। अगुआई करने वाले वैज्ञानिकों की इस पंक्ति में इसी महान् वैज्ञानिक के नाम को विशेष सम्मान प्राप्त है। न केवल 101 तत्व उनके नाम से जुड़ा है, बल्कि पूरी आवर्त-सारणी भी जिसका वह सृष्टि कर्ता है, उसके नाम में जुड़ी है। हम इस

महान व्यक्ति के इसलिये भी आभारी हैं कि तत्वों के देश में हमारी यात्रा अन्धकार पूर्ण न होगी। और हो सकता है कि यह पूर्ण रूप से हो कि आवर्त-सारणी कभी हमें धोखा न दे क्योंकि वह बड़ नीव पर खड़ी है। उसकी नीव में मेंडेलीक द्वारा उद्घाटित आवर्त-नियम (Periodic law) स्थापित है।

किन्तु आवर्त-नियम और आवर्त सारणी के मध्य क्या भेद है? वही जो एक ओर, अपने कुल उभारों, वनस्पति जगत् और जीव जगत के साथ पृथ्वी के गोले और दूसरी ओर इन सबकी ग्लोब या मान चित्रावली (एटलस) या मान-चित्र पर छाप के बीच में है। यह स्पष्ट है कि ग्लोब पृथ्वी के गोले का बहुत निकटतम नाटेल होता है।

तत्वों की आवर्त-सारणी भी इसी प्रकार है। वह आवर्त-नियम के सार को कमोबेश सही रूप से प्रतिबिम्बित करती है। आवर्त सारणी की प्रणाली में परिवर्तन हो सकते हैं। तत्व पंखे की भांति और स्वाइरलों की तरह घने वृत्तो में अथवा "तरंगों" में स्थित हो सकते हैं। आवर्त प्रणाली के अनेक रूपान्तर सोचे जा सकते हैं, किन्तु उसके आधार, आवर्त नियम को नहीं बदला जा सकता।

इस प्रकार हमारे सामने तत्वों की आवर्त सारणी है। प्रत्येक रसायन-शास्त्री तत्वों के देश में, उसके मानचित्र को देखते हुए विश्वास के साथ कदम बढ़ाता है। सारणी का कुल बाया और कुल नीचे का भाग धातुओं से भरा है। और इस आवर्त सारणी के बायें नीचे कोने में फ्रांजियम स्थित है जो सर्वाधिक धात्विय चरित्र रखता है और सर्वाधिक सक्रिय धातु है। ऊपरी कोने में अपने पूर्णाधिकार से पतोरिन स्थित है, जो अघातुओं का सत्राट है। और अघातुओं का साम्राज्य आवर्त सारणी के दाहिने ऊपरी भाग पर स्थित है। यह सुरन्त प्रगट हो जाता है कि धातु अघातुओं की अपेक्षा कहीं अधिक सख्या में है। तत्वों की सारणी में ऐसे भी तत्व हैं जो धातु एवं अघातु दोनों के गुण प्रकट करते हैं। वे सारणी के मध्य में स्थित हैं।

वर्गों (Groups) का प्रक विशेष अर्थ पूर्ण है : वह प्रत्येक वर्ग (Group) के लिये उच्चतम सम्भव संयोजकता (valency) व्यक्त करता है। सबसे हल्के, निम्न विजिष्ट गुणत्व रखने वाले धातु लिथियम, सोडियम और उनके विलकुल निकटवर्ती पड़ोसी हैं। सबसे भारी धातु ओस्मियम (Osmium) सारणी में विलकुल प्रतिगुल दूसरे कोने में स्थित है। सर्वाधिक पारस्परिक समानता प्रगट करने वाले तत्व एक वर्ग और विशेषकर एक ही उपवर्ग में स्थित उदाहरण के लिए आवर्त सारणी के दूसरे वर्ग (Group) के एक उपवर्ग में स्थित सारीय मिट्टियों के धातु कैल्शियम, स्ट्रॉन्शियम, बेरियम तथा रेडियम एक दूसरे

से इतनी समानता रखते हैं कि बगैर किसी विशेष कठिनाई के, आवर्त-सारणी के ज्ञान का उपयोग करते हुए, इनमें से किसी एक के रासायनिक गुणों को भली भाँति जान लेने के बाद इस उपवर्ग में स्थित कुल तत्वों में गुणों को बताया जा सकता है।

किन्तु, निश्चय ही, इससे यह अर्थ न लगा लेना चाहिये, कि आवर्त-सारणी के उपयोग करने की क्षमता हमें प्रत्येक तत्व के विस्तृत अध्ययन की आवश्यकता से छुटकारा दे देती है। ऐसा कदापि नहीं है। निस्सन्देह उनमें से प्रत्येक तत्व ऐसे अनेक गुण रखता है जो स्वयं उसका व्यक्तिगत चरित्र व्यक्त करते हैं।

स्कूल का प्रत्येक विद्यार्थी जानता है कि आवर्त-सारणी की सहायता से हर तत्व के लक्षण बताये जा सकते हैं। किन्तु ऐसा करना सदा आसान नहीं होता है।

तत्व के गुणों के बारे में कैसे बताया जा सकता है, यदि उदाहरण के लिये हाइड्रोजन आवर्त-सारणी में दो स्थानों पर घटना अधिकार प्रगट करती है (उसे क्षारीय धातुओं के वर्ग में भी और हैलोजनों के वर्ग में भी रखा जा सकता है) और इसके विपरीत 14 लैन्थेनायड तत्व एक साथ एक लैन्थेनम के खाने में प्रवेश करते हैं? आठवें वर्ग के दृश्य की घाप कैसे स्पष्ट करेंगे? और दूसरी ओर से कौन सा ऐसा जादू है जिसमें रसायन शास्त्री यह भविष्य वाणी कर सकते हैं कि जिर्कोनियम को गैफनियम से और नियोबियम को टैन्टैलम (Tantalum) से पृथक करना कठिन होगा।

इन कुल प्रश्नों तथा इसी प्रकार के दूसरे बहुत से प्रश्नों का उत्तर उस समय तक सम्भव नहीं है जब तक यह न स्पष्ट हो जाये कि तत्वों के जगत् की आवर्त सारणी में प्रतिबिम्बित इतनी कठोर व्यवस्था किस पर आधारित है। दूसरे शब्दों में, हमें यह पता लगाना अनिवार्य है। इस प्रश्न का उत्तर देने का हम प्रयत्न करेंगे।

महान् आवर्त-नियम की उत्पत्ति

अनुमान कीजिये कि अग्रीसवीं शताब्दी के पूर्वार्ध में रसायक-शास्त्री वैज्ञानिक तथ्यों के सागर को अपने सामने पाकर किस प्रकार महसूस कर रहे होंगे। स्वभावतः बने पहले वे चाहते रहे होंगे, कि इन तथ्यों को किसी प्रणाली में सुव्यवस्थित किया जाये। बगैर इन तथ्यों को सुव्यवस्थित किये हुए रसायन-विज्ञान में कार्य करना वैसे ही कठिन रहा होगा जैसे किसी ऐसे विशाल शब्दकोष का उपयोग, जिसमें शब्द वर्ण माला के क्रम से न दिये जाकर केवल अव्यवस्थित रूप से क्रम-विहीन दिये गये हों।

तत्वों के इस प्रकार के मिलते-जुलते ग्रुप बहुत समय से ज्ञात थे । अब समस्या यह थी कि असमान ग्रुपों के मध्य सम्बन्ध का पता लगाया जाये । और यहाँ यही हुआ । पूरे युगों को परवर्तित करते हुए उनको इस प्रकार जगह देते हुए कि निकट परमाणविक भारों के असमान तत्व एक पंक्ति में स्थापित हो जावें, मेंडेलीफ ने अन्त में यह प्राप्त कर लिया जो वह खोज रहा था, उसको ठीक वही मानचित्र प्राप्त हुआ, जो पुस्तक से संलग्न रंगीन चित्र में देखते हैं ।

इसमें स्पष्ट हुआ : परमाणविक भारों के बढ़ाव के क्रम में स्थापित तत्वों के गुण एक निश्चित अन्तरों (Intervals) के बाद दोहराते हैं । इन निर्धारित अन्तरों को आवर्त (Period) कहा जाता है ।

"तत्वों के गुण अपने परमाणविक भारों के आकारों पर आवर्तिक निर्भरता दिखाते हुए प्रकट होते हैं ।" इस प्रकार मेंडेलीफ ने अपने नवोद्घाटित नियम की परिभाषा की । आवर्त-नियम के नवोद्घाटन का दिन हम 1 मार्च 1869 ई. मानते हैं ।

किन्तु यह प्रश्न उठ सकता है : क्या मेंडेलीफ के समय तक किसी के भी ध्यान में यह नहीं आया था कि परमाणविक भार और रासायनिक गुणों के मध्य लगाव होता है ? सत्य यह है कि यह बात पहले भी सोची गई थी । और बहुतों ने सोची थी । दोबेरियनेर ने जर्मनी में, दे शांकूतुआ ने फ्रांस में, न्यूलेंस ने इंग्लैंड में "इसे सोचा । इस सिद्धान्त के आधार पर रासायनिक तत्वों को वर्गीकृत करने के लिये किये गये तीन सौ से ऊपर प्रयोग ज्ञात हैं । इनमें लक्ष्य के सर्वाधिक निकट जर्मन वैज्ञानिक स्तोडार मेयेर पहुँचा था । लगभग मेंडेलीफ के साथ ही साथ उसने भी तत्वों की सारणी का निर्माण किया, जो साधारणतः आवर्त सारणी के समान ही थी । सच यह है कि, उसने कुछ बाद में उसे घोषित करने का निश्चय किया था । किन्तु मेयेर ने अपनी रचना में, आवर्त-नियम के उद्घाटन के पूर्व वैज्ञानिकों द्वारा की गई गलतियों को दोहराया था । प्राप्त नियमितता में निहित गम्भीर आवर्त नियम को मेयेर नहीं देख पाया । उसने अपनी तत्वों की सारणी को केवल एक सुविधा पूर्ण पाठ्य-पुस्तक तक ही समझा और सबसे आगे निकलने वाले निष्कर्षों को देने का साहस नहीं कर सका । अपर्याप्त स्पष्ट नियमितता के पीछे स्थित आवर्त-नियम को देखने के लिये मेंडेलीफ को असामान्य प्रतिभा पूर्ण बुद्धि की आवश्यकता थी । और केवल उसे देखने के लिये ही नहीं, उसे तुरन्त विज्ञान की सेवा में लगा देने के लिये भी ।

यदि हम रसायन की प्राचीन पुस्तकों को देखें तो हमें ज्ञात होगा कि उस समय प्रत्येक वैज्ञानिक तत्वों अपनी बुद्धि के अनुकूल प्रणाली में नियोजित करने का प्रयत्न करता था। कुछ ने तत्वों के कुछ भौतिक गुणों (ऊष्मा संवहकता, विशिष्ट गुरुत्व, दृढ़ता) को अपनी प्रणाली का आधार बनाना उचित समझा। दूसरे ने वैद्युत् रासायनिक प्रयोगों के समय प्राप्त प्रभावों के चिह्नों और उनकी आभाओं को आधार बनाते हुए तत्वों को एक सीधी रेखा में व्यवस्थित करने का प्रयत्न किया। और इसी प्रकार अन्य लोग भी अपने-अपने मार्गों का अनुसरण कर रहे थे। संक्षेप में, प्रत्येक ऐसा प्राकृतिक गुण पाने का प्रयत्न कर रहा था, जिसके सहारे चलकर संवत ज्ञान को सुव्यवस्था देना सम्भव हो सके। किन्तु रसायन धनन्त कृत्रिम प्रणालियों की प्रोक्रस्टीज की शय्या (Procrustean bed) में पड़ा रहना नहीं पसन्द करती थी, क्योंकि उनमें से एक भी प्रणाली तत्वों के पारस्परिक सम्बन्धों की कुल विविधताओं को पकड़ने में समर्थ न थी।

मेण्डेलीफ ने भी अपने सामने, अन्ततः तत्व का एक ऐसा गुण पाने की समस्या रखी, जो बकिया सभी गुणों से सर्वाधिक घनिष्टता से जुड़ा हुआ हो और जिसे तत्वों की प्राकृतिक प्रणाली का आधार बनाया जा सके।

आबर्ट-नियम के उद्घाटन के पूर्व अनेक वर्षों तक यह वैज्ञानिक (मेण्डेलीफ) इस प्रश्न के हल करने में जुटा रहा और अन्त में डम निष्कर्ष पर पहुँचा कि रासायनिक तत्वों के गुणों का निर्देशन उनके मास (Mass) उनके परमाणविक भार (Atomic weight) पर निर्भर होता है। किन्तु कैसे? यह निर्भरता किस नियम के अधीन है? अवश्य, उदाहरण के लिये, यह कहना कि गैसों के आयतन और दबाव, एक दूसरे से सम्बन्धित परिमाण हैं, बहुत कम कहना है। यदि हम यह कहें कि वे (बॉयल-मैरियट के नियम के अनुसार) एक दूसरे से प्रतिलोम महसम्बन्ध (Inverse Dependence) प्रकट करते हैं तो बिल्कुल दूसरी बात होगी। इसी प्रकार यह पता लगाना महत्वपूर्ण है कि किस नियम के अनुसार रासायनिक गुण परमाणविक भार से जुड़े होते हैं।

मेण्डेलीफ ने सर्व प्रथम तत्वों को उनकी रासायनिक समानता के लक्षण के अनुसार वर्गों (ग्रुपों) में स्थापित किया। इस प्रकार उसे 19 वर्ग प्राप्त हुए। इनमें से कुछ वर्ग केवल दो तत्वों से ही बने थे। दूसरे 3, और 4 तत्वों से बनते थे। दारोय धातुओं के वर्ग में 5 तत्व थे।

इसके बाद वर्गों को एक दूसरे से मिला कर पंक्तियों में रखा गया और उनमें से प्रत्येक में तत्वों को परमाणविक भारों के बढ़ाव के क्रम में रखा गया। जो बिना प्राप्त हुआ वह नया नहीं था। रासायनिक गुणों के आधार पर बने

तत्वों के इस प्रकार के मिलते-जुलते ग्रुप बहुत समय से ज्ञात थे । अब समस्या यह थी कि असमान ग्रुपों के मध्य सम्बन्ध का पता लगाया जाये । और यहाँ यही हुआ । पूरे ग्रुपों को परवर्तित करते हुए उनको इस प्रकार जगह देते हुए कि निकट परमाणविक भारों के असमान तत्व एक पंक्ति में स्थापित हो जायें, मेंडेलीफ ने अन्त में यह प्राप्त कर लिया जो वह खोज रहा था, उसको ठीक वही मानचित्र प्राप्त हुआ, जो पुस्तक से संलग्न रंगीन चित्र में देखते हैं ।

इसमें स्पष्ट हुआ : परमाणविक भारों के बढ़ाव के क्रम में स्थापित तत्वों के गुण एक निश्चित अन्तरों (Intervals) के बाद दोहराते हैं । इन निर्धारित अन्तरों को आवर्त (Period) कहा जाता है ।

“तत्वों के गुण अपने परमाणविक भारों के आकारों पर आवर्तिक निर्भरता दिखाते हुए प्रकट होते हैं ।” इस प्रकार मेंडेलीफ ने अपने नवोद्घाटित नियम की परिभाषा की । आवर्त-नियम के नवोद्घाटन का दिन हम 1 मार्च 1869 ई. मानते हैं ।

किन्तु यह प्रश्न उठ सकता है : क्या मेंडेलीफ के समय तक किसी के भी ध्यान में यह नहीं आया था कि परमाणविक भार और रासायनिक गुणों के मध्य लगाव होता है ? सत्य यह है कि यह बात पहले भी सोची गई थी । और बहुतों ने सोची थी । दोबेरियनेर ने जर्मनी में, दे शाकूतुआ ने फ्रांस में, न्यूलेंस ने इंग्लैंड में ...इसे सोचा । इस सिद्धान्त के आधार पर रासायनिक तत्वों को वर्गीकृत करने के लिये किये गये तीन सौ से ऊपर प्रयोग ज्ञात हैं । इनमें लक्ष्य के सर्वाधिक निकट जर्मन वैज्ञानिक लोटार मेयेर पहुंचा था । लगभग मेंडेलीफ के साथ ही साथ उसने भी तत्वों की सारणी का निर्माण किया, जो साधारणतः आवर्त सारणी के समान ही थी । सच यह है कि, उसने कुछ बाद में उसे घोषित करने का निश्चय किया था । किन्तु मेयेर ने अपनी रचना में, आवर्त-नियम के उद्घाटन के पूर्व वैज्ञानिकों द्वारा की गई गलतियों को दोहराया था । प्राप्त नियमितता में निहित गम्भीर आवर्त नियम को मेयेर नहीं देख पाया । उसने अपनी तत्वों की सारणी को केवल एक सुविधा पूर्ण पाठ्य-पुस्तक तक ही समझा और सबसे आगे निकलने वाले निष्कर्षों को देने का साहस नहीं कर सका । अर्थात् स्पष्ट नियमितता के पीछे स्थित आवर्त-नियम को देखने के लिये मेंडेलीफ को असामान्य प्रतिभा पूर्ण बुद्धि की आवश्यकता थी । और केवल उसे देखने के लिये ही नहीं, उसे तुरन्त विज्ञान की सेवा में लगा देने के लिये भी ।

सारणी में सत्र बेरीलियम, (Beryllium) को देखिये । ठीक इसी घातु से आवर्त-नियम का प्रथम व्यावहारिक उपयोग सम्बन्धित है, पहली कठिनाई और पहला विजय ।

1869 ई० के पूर्व बेरीलियम को तीन संयोजकताओं (Valency) का तब समझा जाता था और ऐसा समझने का आधार भी था । निस्सन्देह वह अपने रासायनिक गुणों से अल्यूमिनियम से बहुत कुछ मिलता जुलता था । अल्यूमिनियम की भाँति वह भी सान्द्रित नाइट्रिक एसिड से कोई प्रतिक्रिया नहीं प्रगट करता था किन्तु धारों में घुलते हुए हाइड्रोजन उन्मुक्त करता था । बेरीलियम की हाइड्राक्साइड अल्यूमिनियम की हाइड्राक्साइड, $Al(OH)_3$ की भाँति ही ऐम्फो-टेरिक (क्षारीय और आम्लिक दोनों गुण प्रकट करने वाली) होती है, और इसी लिए वह भी अल्यूमिनेटों की भाँति टिपिकल लक्षण बेरीलेट धादि बनाती है ।

किन्तु यदि बेरीलियम तीन संयोजकताओं वाला है तो उसका परमाणविक भार 13.5 होना चाहिये, क्योंकि बेरीलियम का तुल्यक (Equivalent) 4.5 होता है (परमाणविक भार तुल्यक गुणित संयोजकता होता है) । यहीं कठिनाई प्रारम्भ हुई । इस परमाणविक भार के साथ बेरीलियम आवर्त सारणी में बैठने को राजी नहीं होता था ।

कावन और नाईट्रोजन के मध्य उसे स्थापित करने से (उसका परमाणविक भार 13.5 उसे इसी स्थान पर बैठने की आज्ञा देता था) बेरीलियम तुरन्त तत्वों के गुणों के नियमित आवर्तन को भंग कर देता था और उससे आवर्त नियम का खण्डन होता था । किन्तु मेडेलीफ कुछ और सोच रहा था । वह पूर्णतया विश्वास करता था कि खोजी गई उपरोक्त नियमितता धाकस्मिक नहीं हो सकती थी । आवर्त-नियम खोज लिया गया था और परिणामतः, उसकी परिपुष्टि तथ्यों द्वारा होनी आवश्यक है । जहाँ तक बेरीलियम का सम्बन्ध है, मेडेलीफ को विश्वास था कि इसका परमाणविक भार सही नहीं निकाला गया है ।

रूसी रसायनशास्त्री अफदीव के एक अर्ध-विस्मृत निबन्ध में मेडेलीफ ने पढ़ा कि ग्लिशियन (बेरीलियम का पहले नाम ग्लिशियम था) का हाइड्राइड अपने गुणों में मैग्नीशियम हाइड्राइड से मिलता है ।

इस आधार पर मेडेलीफ ने बेरीलियम हाइड्राइड को BeO का फार्मूला (सूत्र) प्रदान किया और बेरीलियम को दूसरे वर्ग (ग्रुप) में, दो संयोजकतायें रखने वाले क्षारीय मिट्टियों के घातुओं के साथ, स्थापित किया और इसके अनुसार उसका परमाणविक भार सही किया । मेडेलीफ ने इस प्रकार उसका परमाणविक भार नौ $(4.5 \times 2 = 9)$ प्राप्त किया ।

अनेक वैज्ञानिकों ने इसके विरुद्ध अपना मत प्रकट किया, क्योंकि अनेक बार जांचे हुए इस परमाणविक भार के अंक (13.5) का परिवर्तन उनकी

निराधार एवं मनमानी जान पड़ा। किन्तु कुछ ही वर्ष बीते थे कि मेंडेलीफ का प्रमुख प्रतिद्वन्दी नेल्सन प्रकाट्य प्रमाणों द्वारा इस निर्णय पर पहुँचा कि वास्तव में बेरीलियम का परमाणविक भार 9 ही है। इस प्रकार आवर्त-नियम के आधार पर तत्वों के गुणों को सुनिश्चित करने की रीति का भारम्भ हुआ। बेरीलियम के परमाणविक भार का अनुकरण करते हुए मेंडेलीफ ने यूरेनियम, थोरियम, इंडियम, इट्रियम, लैन्थेनम, सीरियम, एरबियम, तथा डाइडीमियम (डाइडीमियम didymium बाद को प्रेजियोडीमियम praseodymium तथा नियोडिमियम Neodymium का मिश्रण सिद्ध हुआ) के परमाणविक भारों को संशोधित करने की श्रम लगा। अपनी प्रणाली का निरन्तर सुधार करते हुए मेंडेलीफ ने 1871 ई. में ही आवर्त सारणी को वह ढाँचा प्रदान कर दिया था जो वर्तमान आवर्त-सारणी के बिल्कुल सन्निकट था। और सन् 1871 ई. में ही मेंडेलीफ का निबन्ध प्रकाशित हुआ, जिसमें उसने उस समय तक प्रज्ञात तीन तत्वों के गुण विस्तार पूर्वक वर्णन किये थे। उसने उनको एकासिलिकोन (ekasilicon) (अर्थात् सिलिकन का धनुरूप), एका-बोरान (eka-boron), एका-एल्युमिनियम (eka-aluminium) का नाम दिया था।

वैज्ञानिक ने लिखा, "मैंने यह इसलिये किया है कि जब भी मेरे द्वारा पूर्व-घोषित इन तत्वों में से एक का भी पता लगेगा तब उन स्थापनाओं की सत्यता के बारे में, जो मेरे द्वारा प्रतिपादित प्रणाली का आधार है मुझे स्वयं अन्तिम रूप से परिपुष्ट प्राप्त हो सकेंगे और दूसरे वैज्ञानिकों को भी विश्वास दिलाने में सहायता मिलेगी।"

जब एल मेयर ने इस निबन्ध को पढ़ा वह बित्ला पड़ा "दास इस्त श्चोप जू वियेल (यह तो अत्यधिक है!) अर्थात्क नियमितता पर्याप्त स्पष्ट एवं प्रमाणित नहीं है जिससे मैं इस प्रकार की किसी बात का समर्थन करने का निश्चय ले सकूँ।" किन्तु समय ने सिद्ध किया कि रूसी वैज्ञानिक सही था। चार वर्ष बीते। और सन् 1875 ई० में फ्रान्स से समाचार मिला। युवा वर्ण-क्रम वैज्ञानिक (Spectroscopist) लेकां दे बुआबोद्वान ने एक नये तत्व की खोज की जिसमें सारे सार ने मेंडेलीफ के पूर्व घोषित तत्व 'एकाएल्युमिनियम' को तुरन्त पहचान लिया। इस नये तत्व को गैलियम की संज्ञा दी गई। गैलियम (gallium) के कुल गुण एका-एल्युमिनियम से बिल्कुल ठीक-ठीक मिलते थे। पर नहीं, सब नहीं। गैलियम का विशिष्ट गुणत्व 4.7 था जब कि एकाएल्युमिनियम का पूर्व घोषित विशिष्ट गुणत्व 5.9 था। पर मेंडेलीफ अपनी बात पर दृढ़ रहा। उसने प्रयोग दोहराने की माँग की। पूरा वैज्ञानिक संसार इस प्रकृत द्रव्य को उत्सुकता से देख रहा था। दे-बुआबोद्वान ने प्रयोग दोहराया

और घोषित किया कि रूसी वैज्ञानिक ने, जिसने गैलियम को धातु से देखा भी नहीं था सही कहा था ।

शेष भविष्य वाणी भी सत्य हुई । 1879 ई. में स्वीडेन के वैज्ञानिक एन. नेल्सन ने स्कॅन्डियम (एकाबोरान) खोज निकाला । और 1886 ई. में जर्मन रसायन-शास्त्री ल्कीमेन्स विल्केयर ने एका-सिलिकन, जर्मोनियम की खोज की । मेडेलीफ के सहकर्मि प्रसिद्ध रूसी रसायन शास्त्री वे. विश्चेन्को ने इस समाचार के पीटसंबन्ध पढ़ने का बर्णन निम्न प्रकार किया है :

“एक सुबह दे. इ. (मॅडेलीफ) हमारे पास ब्रूस्लेरोव की प्रयोग शाला में ‘वेरिशते’¹ पत्रिका की एक नई प्रति लिये हुए, उत्तेजित एवं प्रसन्न मुद्रा में भाये और कहने लगे कि क्लीमेंट विल्केयर ने नया तत्व जर्मोनियम खोजा है और उसे पाचवें वर्ग में स्थापित कर रहा है क्योंकि वह सल्फो-सवण (Sulpho-salts) बनाता है । पर यहाँ वह गलती कर रहा है, जर्मोनियम का स्थान पाचवें ग्रुप में यह एकासिलिकन है । “मैं इसी समय विल्केयर को लिखने जा रहा हूँ” । और विल्केयर ने अपनी गलती स्वीकार की । सारे संसार में मेडेलीफ की चर्चा होने लगी । अब किसी को आवर्त-नियम की सत्यता पर सन्देह करने का साहस नहीं रह गया और मेडेलीफ ने उसे अन्तिम रूप प्रदान किया ।

“अमिश्रित पदार्थों के गुण और तत्वों के योगिकों के भी गुण और बनावट तत्वों के परमाणविक भारों पर आवर्तिक निर्भरता प्रगट करते हैं ।”

किन्तु प्रकृति कभी अपने नियमों को मनुष्य के सामने युद्ध रूप में नहं प्रगट करती है । दिखाई पड़ने वाली असंगतियों से पथ-भ्रष्ट हो जाने से बचने के लिये प्रखर बौद्धित स्पष्टता, एवं विशाल विश्वास की आवश्यकता होती है । मुख्य को गौण से पृथक करने, एवं नई खोजों की धारा में, प्रत्येक खोज पिछले किये हुए को पूर्णतः काटती होती है, वह जाने से बचने की क्षमता आवश्यक है । जब आवर्त-नियम पर महान परीक्षाओं का पहाड़ टूट पड़ा तो विभिन्नी इवानोविच मेडेलीफ को भी ठीक इन्हीं गुणों का सहारा लेना पड़ा ।

आवर्त-नियम की जलमत चट्टानें

प्रारम्भ इस प्रकार हुआ कि सन् 1894 ई० में अग्रज वैज्ञानिक रेतै और रैमजे ने एक नया तत्व खोजा जिसके गुण इतने असाधारण थे कि वैज्ञानिक प्रारम्भ में उसे मान्यता देने से इन्कार करते थे । यह तत्व गॅस था जो किसी भी प्रकार की रासायनिक प्रतिक्रिया की क्षमता नहीं प्रगट करता था । नये तत्व को

¹ जर्मन रसायन सोसाइटी की पत्रिका

प्राग्गन (निष्क्रिय, आलसी) नाय दिया गया। आवर्त-नियम के विरोधी (और उनकी संख्या बहुत अधिक थी जिनमें आसवाल्ड जैसे प्रख्यात वैज्ञानिक भी थे) फिर सामने आने के लिए उरसाहित हुए। और निराधार नहीं। आवर्त नियम, ऐसा प्रतीत होता था, कि इन आसाधारण गुणों वाले तत्वों को पहले से देखने की क्षमता नहीं रखता था। प्राग्गन को कोई स्थान आवर्त सारणी में नहीं प्राप्त हो रहा था। स्वयं मेंडेलीफ प्राग्गन को नाइट्रोजन N_3 का रूपान्तरण (modification) समझने की ओर झुक रहा था (वैसे ही जैसे आक्सीजन का माडो-फिकेशन O_3 ओजोन है) किन्तु स्थिति और भी अधिक बन गई जब एक ही वर्ष में दूसरी निष्क्रिय गैस हीलियम भी खोज ली गई।

अब इस बात में सन्देह करना कठिन हो गया कि इस प्रकार के आसाधारण तत्व प्रकृति में सचमुच विद्यमान हैं। उनको स्वीकार करना आवश्यक था। पर साथ में जिस सीमा तक तथ्य उभरे काट रहे थे वहां तक आवर्त-सारणी को ठुकराना भी आवश्यक हो गया।

पर क्या यही बात थी? क्या सच-मुच आवर्त-नियम निष्क्रिय गैसों के अस्तित्व को स्वीकार करने के लिये कोई आधार नहीं प्रदान करता था?

रैले एवं रैमजे की खोज के बहुत पूर्व दो व्यक्ति इस बात पर दृढ़ता से विश्वास करते थे कि आवर्त-सारणी में एक शून्य वर्ग भी होना चाहिये। ये दो व्यक्ति थे: श्लीसेल्वर्ग किले के प्रलेक्सेई फीजी बन्दी कक्ष के दो जन-स्वातन्त्र्य संग्राम के क्रान्तिकारी बन्दी—मोरोजोव और लुकाशेविच। सन् 1883 ई. में ही कार्बनिक यौगिकों की बनावट एवं गुणों में आवर्तता (Periodicity) निरीक्षण करते हुए उन्होंने मेडेलीफ की प्रणाली से अनुरूपता रखते हुए, हाइड्रो-कार्बन मूलकों (Radical) की आवर्त-प्रणाली निर्मित की थी और इस निष्कर्ष पर पहुँचे थे कि ठीक जिस प्रकार हाइड्रो-कार्बन मूलकों की प्रत्येक श्रेणी तटस्थ प्रकार के ग्रुप मीथेन-ईथेन, प्रोपेन आदि में समाप्त होती है उसी प्रकार मेडेलीफ के प्रत्येक आवर्त (Period) को निष्क्रिय तत्वों में समाप्त होना चाहिये। वास्तव में यह अनुमान बड़ा प्रतिभा पूर्ण था किन्तु संसार इसको कई वर्ष बीत जाने के बाद केवल तब पहचान सका जब निष्क्रिय गैसों की समस्या का समाधान हुआ। और इस समस्या का समाधान भी रैमजे ने आवर्त-नियम की सहायता से एवं उसी के आधार पर किया।

रैमजे ने, जिसकी खोज ने आवर्त-नियम पर विश्वास डिगा दिया था, स्वयं कभी उसकी सत्यता पर सन्देह नहीं किया। यही नहीं "शिक्षक मेडेलीफ की भाँति ही" रैमजे ने भी घोषित किया: "हीलियम और प्राग्गन के मध्य एक और तत्व है जिसका परमाणुविक भार 20 है और जो ऐसे ही निष्क्रिय है जैसे ये दो

गैसों। नये तत्व का अपना विशेषता सूचक स्पेक्ट्रम होगा और वह धार्मन की अपेक्षा अधिक प्रासाती से जमेगा। दो अन्य अनुसूचक गैसीय तत्वों के अस्तित्व के बारे में भी पूर्व धोपणा की जा सकती है जिनके परमाणुविक भार क्रमशः 82, 129 होंगे।”

और जब ये पूर्व-धोपित तत्व शीघ्र ही खोज लिये गये (क्रिप्टन, नियम, एवं जेनान) तब तुरन्त यह स्पष्ट हो गया कि उनके लिये आवर्त प्रणाली में स्थान है। रैमजे ने मेंडेलीफ को सुझाव दिया कि वह इन नये खोजे हुए तत्वों का एक अलग वर्ग प्रणाली में स्थापित करे और मेंडेलीफ ने तुरन्त इसे स्वीकार कर लिया, क्योंकि यह आवर्त-नियम में प्रतिवाद नहीं उपस्थित करता या बरन् इसके विपरीत उसकी तर्क सगत परिपूर्ण करता था और नियम की सत्यता की परिपूर्ति करता था।

इस प्रकार निष्क्रिय गैसों की खोज आवर्त नियम में दरार डालने के बजाय उसकी सत्यता का एक प्रमुख प्रमाण बन गई। नये शून्य वर्ग के स्थापित हो जाने से आवर्त-सारणी में धीरे धीरे अधिक सुहोपन धा गया।

ऐसा प्रतीत होने लगा कि आवर्त-नियम के डराने वाले दिन सदा के लिये समाप्त हो गये हैं। केवल नये तत्वों की खोजों की प्रतीक्षा ही करनी शेष थी, जिनका प्रगठन, शायद ही आवर्त-प्रणाली के ढांचे और आवर्त-नियम के सार पर कोई प्रभाव डाल सके।

धीरे सचमुच नई खोजों के लिये अधिक प्रतीक्षा नहीं करनी पड़ी, पर समस्या बड़ी अद्भुत थी। अध्यागतों ने आवर्त-सारणी के रिक्त स्थानों में, जो काफी संख्या में थे, बैठने की स्वीकृति नहीं दी और साग्रह उन स्थानों की माग कर रहे थे जो पहले से दूसरे तत्वों द्वारा भर चुके थे, क्योंकि नये खोजे गये तत्व जल की बूंदों की भांति अपने गुणों में एक दूसरे से और पूर्व ज्ञात विरल मिट्टी के धातु कहलाने वाले लैंग्नेनम, इट्रियम, सीरियम, एरबियम से मिलते थे। विरल मिट्टियों की समस्या से मेंडेलीफ 1869 ई. में मुठभेड़ ले चुका था, जब उसने आवर्त प्रणाली के प्रथम स्वरूप की रचना की थी। उस समय रसायन शास्त्री इस बात में सन्देह नहीं करते थे कि लैंग्नेनम, सीरियम, इट्रियम, एरबियम तथा डाइडी-मियम दो संयोजकताओं वाले धातु हैं। इसके अतिरिक्त उनके परमाणुविक भार अत्यन्त नीचे थे। मेंडेलीफ ने आवर्त-नियम पर बड़ा विश्वास रखते हुए इट्रियम, लैंग्नेनम, और एरबियम के तीन संयोजकताओं वाले होने का सुझाव प्रस्तुत किया और उनको तीसरे वर्ग में स्थापित किया और इसी के अनुसार उनके परमाणुविक भारों को परिवर्तित किया। सीरियम, को चौथे वर्ग में स्थापित किया क्योंकि कुछ योगिकों में वह 4+ (चार) संयोजकतामें प्रकट करता है।

हाइड्रोमियम को मेंडेलीफ ने पांचवें वर्ग में स्थापित किया और इसकी वैधता पर विश्वास न करते हुए उसने साथ में प्रश्न-सूचक चिन्ह भी बना दिया। इस प्रकार इस प्रणाली में उपरोक्त पांच तत्वों को स्थान दिया गया। कुछ समय तक इस पर किसी ने विशेष आपूर्ति नहीं की।

किन्तु बाद की, नई खोजी जाने वाली विरल मिट्टियों की संख्या भयकर रूप से बढ़ने लगी। विभिन्न देशों से रोज नये नये विरल मिट्टियों के तत्वों के उद्घाटन के समाचार मिलने लगे। इनको अर्थात् प्रणाली में स्थापित करने का कोई प्रश्न ही नहीं हो सकता था। 1879 से 1906 तक के वर्षों में वे सी (100) के लगभग प्रकट हुए! सब यह है कि बाद में यह प्रकट हुआ कि इनमें से अधिकांश खोजें झूठी थीं, पर, फिर भी वैज्ञानिकों ने 1906 ई. तक यह दृढ़ता से प्रतिपादित कर दिया कि 13 विरल मिट्टियों के तत्व वास्तव में हैं। यह बार बार किये गये, सूक्ष्म, निष्पक्ष अनुसन्धानों द्वारा पुष्ट हुआ। किन्तु कोई विश्वास न साथ नहीं कह सकता था कि इन सजातीय तत्वों की संख्या क्या हो सकती है और आवर्त सारणी में उनके स्थान किस प्रकार प्राप्त किये जायें। चूंकि आवर्त-नियम इन प्रश्नों का उत्तर नहीं दे सकता था इसलिये पुनः उसकी सत्यता पर सन्देह प्रकट होने लगे।

मेंडेलीफ ने इन पहेलियों का हल अपने मित्र जेक वैज्ञानिक, बोगूस्लाव ब्राडनेर से प्राप्त करने की आशा की, जो इस समस्या पर बहुत पहले से कार्य कर रहा था।

ब्राडनेर उन वैज्ञानिकों में से एक था जो प्रारम्भ से अर्थात् तक आवर्त-नियम पर विश्वास करते रहे। उसने अपना पूरा जीवन विरल मिट्टियों की रसायन के लिये समर्पित कर दिया और इसलिये इसमें कोई आश्चर्य न होना चाहिये कि ठीक वही विरल-मिट्टी के तत्वों के रहस्य के हल के सर्वाधिक निकट पहुंच सका, जब उसने उन्हें बिस्कुल पृथक् वर्ग में रखने और आवर्त-सारणी के एक बड़े खाने में स्थापित करने का सुझाव दिया। किन्तु यह केवल अनुमान था जो किसी भी तथ्य से पुष्ट नहीं होता था, सकट बना रहा। और उस समय और भी गम्भीर हो गया जब आवर्त-नियम से न हल होने वाली समस्याओं की सूची में रेडियो-सक्रिय तत्वों की पहली और जुड़ गई।

एक समय था, जब रेडियो सक्रियता की दुरूह प्राकृतिक घटना, उन्नीसवीं शताब्दी के अन्त और बीसवीं शती के प्रारम्भ में प्रमुख सफलतायें प्राप्त करने वाले रसायन और भौतिक शास्त्रों के स्वच्छ नभ मण्डल को घाच्छादित करने वाली एक साधारण घटना समझी जाती थी। किन्तु समय बीता और यह घटना विशाल घनघोर घटा के रूप में परिणत हो गई, जिसने कुल नभ मंडल को ढक

लिया। और केवल तब यह स्पष्ट होने लगा कि मानव ने प्रकृति के सब से गूढ़ रहस्यों में से एक को छुमा है, ऐसी पहेली जिससे पदार्थ की रचना के बारे में पहले की कुल धारणायें भंग होती हैं और जो साथ ही साथ वास्तविक वैज्ञानिक ज्ञान को आधार प्रदान करती है ! यस्तु यह नई पहेली क्या है ?

रेडियो सक्रियता की प्राकृतिक घटना का उद्घाटन सन् 1896 ई. में उस समय हुआ जब यह पता लगा कि यूरेनियम, जो उस समय तक ज्ञात तत्वों में सबसे भारी था, विशेष प्रकार की अदृश्य किरणों के उन्मुक्त करने की अप्रचर्य-जनक क्षमता रखता है। कुछ समय बाद यह प्रगट हुआ कि ठीक वही गुण नये उद्घाटित तत्व ऐक्टिनियम में तथा बहुत पहले से ज्ञात तत्व थोरियम में भी है। इसके पश्चात् 1898 ई० में यूरेनियम खनिज से दो तत्व निकाले गये जिनकी रेडियो-सक्रियता यूरेनियम से कोई गुना अधिक थी। ये थे रेडियम तथा पोलोनियम। पर इसके बाद रेडियो सक्रिय तत्वों की संख्या इतनी बढ़ गई कि उनमें से कुछ को सीधे लैटिन वर्णमाला के अक्षरों को उस तत्व के नाम के साथ जोड़कर जिनमें वे प्राप्त किए जाते थे, सम्बोधित करने लगे। उदाहरण के लिए, रेडियम A, थोरियम B, यूरेनियम Z, ऐक्टिनियम X आदि

नये खोजे जाने वाले रेडियो सक्रिय तत्वों की संख्या बढ़ती गई। और विरल मिट्टियों के तत्वों की भांति ही उनका स्थान भी धावर्त-सारणी में नहीं मिलता था। और तब यह भी प्रगट हुआ कि उनमें से अधिकांश अपने अपने रसायनिक गुणों में पूर्ण ज्ञात तत्वों से बिल्कुल सादृश्यता रखते थे। इस प्रकार रेडियो सक्रिय, यूरेनियम एक्स ग्यारह (UXI), थामोनियम, रेडियो थोरियम, यूरेनईयो (UY) तथा रेडियो ऐक्टिनियम में वही गुण थे जो थोरियम में थे। परिणामतः, उन सबको धावर्त-सारणी के एक खाने में बँठने का पूर्ण अधिकार था, मीजो-थोरियम-एक (MS TH 1), थोरियम-एक्स (THX) तथा ऐक्टिनियम एक्स (ACX) ने रेडियम के धावास-गृह पर अपना दावा प्रगट किया। और यदि विरल मिट्टी के तत्वों को एक दूसरे से पृथक करने में किसी प्रकार सफलता मिल गई थी तो रासायनिक विधियों से इनका, उदाहरण के लिये थोरियम एक्स का रेडियम में या थोरियम का निवोनियम से पृथक करना असम्भव था।

धावर्त-सारणी के खानों में भीड़ लगने लगी। किन्तु यदि यह मान भी लिया जावे कि उनको एक खाने में रखना सम्भव है, तो परमाणविक भारों से किस प्रकार निगटा जावे? तब मालूम पड़ता है हमें इस तथ्य से समझौता करना पड़ा कि कुछ विभिन्न परमाणविक भार रखने वाले तत्व एक खाने में पड़े, समान परमाणविक भार रखने वाले तत्व विभिन्न खानों में पड़े। क्या यह धावर्त नियम का उल्लंघन नहीं है ?

परमाणविक भार एवं आवर्त प्रणाली में अपनी स्थिति के मध्य विपमता रखने वाले ऐसे तत्वों जैसे पोटेशियम K और आर्सेन Ar, कोबाल्ट Co और निकल Ni, आयोडीन J और टेलूरियम Te को स्मरण करना यहाँ युक्ति संगत होगा। ध्यान दीजिए : आवर्त प्रणाली में अधिक भारी Ar, Co तथा Te हल्के तत्वों K, Ni, तथा J के पहले आते हैं जब कि समझा जावेगा कि इसका उल्टा होना चाहिए था। और यदि पहले यह सोचा जा सकता था कि इन तत्वों के परमाणविक भार विश्वस्त रूप से नहीं निश्चित किये गये हैं, तो अब ऐसा सोचने की कोई गुंजाइश नहीं है। 1906 ई. में बहुसंख्यक अनुसंधानों द्वारा यह ठोस रूप से प्रतिपादित हो गया कि K हल्का होता है Ar से, Ni हल्का होता है Co से, तथा J हल्का होता है Te से।

इस प्रकार पहले ही की भाँति फिर यह प्रश्न खड़ा हुआ : क्या आवर्त-नियम विश्वसनीय है और यदि किसी प्रकार है तो तत्वों के गुणों के आवर्तिक परिवर्तन का आधार क्या है ?

एक बात स्पष्ट हो गई थी कि परमाणविक भार को अब तत्वों की सच्ची प्राकृतिक प्रणाली का दृढ़ वैज्ञानिक आधार नहीं बनाया जा सकता था। और ठीक उसी समय जब यह प्रगट हुआ कि आवर्त नियम न हल हो सकने वाली असंगतियों से जुड़ा हुआ है, जाज्वल्यमान नई खोजों की शृंखला सामने आई, जिसने न केवल आवर्त-नियम की सत्यता की परिपुष्टि की बल्कि अपरिमेय परिणाम में उसे बल भी प्रदान किया—आवर्तता यानी रासायनिक तत्वों के गुणों के दोहराने की प्रकृति के कारण को खोल दिया। किन्तु यह न शीघ्र हुआ न भकस्मात् हुआ।

महान् खोजों की शृंखला

1910 ई० में अंग्रेज वैज्ञानिक साडी इस निष्कर्ष पर पहुँचा कि रेडियो सक्रिय तत्व जो एक दूसरे से भौतिक गुणों में विभिन्न होते हैं किन्तु रासायनिक गुणों में बिल्कुल एक समान होते हैं, एक ही तत्व के विभिन्न रूप होते हैं। साडी ने उन्हें आइसोटोप की संज्ञा दी ("आइसो"—"समान" "टोपोस"—स्थान)। और जब यह प्रगट हुआ कि आइसोटोप केवल रेडियो सक्रिय तत्वों में ही नहीं होते हैं बरन् साधारणतः आवर्त-प्रणाली के अधिकांश तत्वों का यह खरिज है तो बहुत सी बातें स्वयं अपने स्थान पर दुहस्त दिखाई देने लगी।

सबसे पहले यह स्पष्ट हो गया कि क्यों तत्वों का परमाणविक भार, नियमतः पूर्णांक न होकर भिन्नात्मक (fractional) संख्या होता है। बात यह

है कि उस दशा में तत्व का परमाणविक भार उसे बनाने वाले (उसमें निहित) आइसोटोपों के परमाणविक भारों का औसत भ्रंक होता है, जिसका भ्रय है कि, यह पूर्णतः सम्भव है कि कुछ भ्रवसरों पर, हो सकता है, प्रणाली में भागे चलने वाले तत्व की घपेक्षा पीछे चलने वाले तत्व का औसत परमाणविक भार अधिक हो । आयोडीन और टेबूरियम, पोटेशियम और मारगन, कोबाल्ट और निकिल के परमाणविक भारों के बारे में भी यही बात लागू होती है ।

“पीछे चलने वाला” और “भागे चलने वाला” । और भ्रव हमें इन शब्दों के प्रयोग करने का वास्तव में क्या अधिकार है भ्रभौ-भ्रभा हमने पढ़ा है कि परमाणविक भार (और भाप जानते हैं कि हमने तत्वों को उनके परमाणविक भारों के बढ़ाव के क्रम में प्रणाली में स्थापित किया था, स्मरण कीजिये !) यह निश्चय करने के लिये कि कौन सा तत्व पीछे घाने वाला है और कौन सा भागे, पर्याप्त रूप से घविश्वसनीय कसौटी हो गया है ।

तो फिर ऐसी दशा में भावर्त प्रणाली के उपयोग करने के समय हमारा भाधार क्या हो सकता है ? तत्व की संख्या का क्रम-क्या यह भाधार नहीं हो सकता है । प्रकट हुआ कि ठीक तत्व का सांख्यिक क्रम ही भाधार है ।

यहाँ भ्रव हम वास्तविकता में उस जगह पहुँचे जहाँ भौतिक शास्त्र ने तत्वों के देश के सर्वाधिक गूढ़ रहस्य—उनके गुणों की भावर्तता के कारण—को खोलने में सहायता दी ।

रेडियो सक्रियता की प्राकृतिक घटना के उद्घाटन के शीघ्र ही बाद वैज्ञानिकों ने प्रतिपादित किया कि रेडियो सक्रिय विकिरण एकसम (uniform) नहीं होते हैं । वे तीन विभिन्न प्रकार की किरणों से बने होते हैं, जिनको अल्फा-बीटा-तथा गामा किरणों का नाम दिया गया । हमें इस समय केवल अल्फा-किरणें भाकृष्ट करेंगी क्योंकि ठीक वही वे किरणें हैं जिन्होंने उस मनोरञ्जक इतिहास में निर्णायक भूमिका भ्रदा की है जिसकी चर्चा इस समय चल रही है ।

अल्फा किरणें घनात्वक प्रसारित कणों की धारामें होती हैं । 1912 ई. में प्रख्यात अंग्रेज वैज्ञानिक ई. रदरफोर्ड ने उनके गुणों का अध्ययन करते हुए एक विलक्षण प्राकृतिक घटना का उद्घाटन किया । यदि इन किरणों (α rays) को किसी पतली घातु की पन्नी (foil) पर, मान लीजिये अल्पूमिनियम या तांबे की पन्नी पर, निर्देशित किया जावे, और अल्फा कणों के मार्ग पर त्रिक मलकाइड के परदे (Screen) पर होने वाली भ्रवदीप्ति (luminescence) का अनुसरण करते हुए निगाह रखी जावे तो यह निरीक्षण किया जा सकता है कि पन्नी से पार होते समय वे अपनी घाल की दिशा परिवर्तित कर देते हैं । और कुछ कण पीछे भी फेंक दिये जाते हैं । यह सोचते हुए कि कौन-सी शक्ति इन कणों पर प्रभाव डालती है, रदरफोर्ड अग्रलिखित निष्कर्ष पर पहुँचा :

प्रकटतः, रासायनिक तत्वों का परमाणु इस प्रकार बना होता है कि उसके केन्द्र में घनात्मक प्रभारित नाभिक (Nucleus) होता है, जिसमें लगभग परमाणु का पूरा भार केन्द्रित होता है, और उसके चारों ओर सूर्य के ग्रहों की भांति, ऋणात्मक प्रभारित इलेक्ट्रॉन चक्कर लगाते हैं। चूंकि परमाणु पूर्णतः वैद्युत-तटस्थ होता है, इसलिये ऋणात्मक प्रभारों को (इलेक्ट्रॉनों की संख्या को) नाभिक के प्रभार के बराबर ही गिनती में होना चाहिये। अल्फा कणों के लिये इस प्रकार का परमाणु पूर्णरूप से पारदर्शी होगा और केवल घनात्मक रूप से प्रभारित नाभिक (बीज-केन्द्र) ही उसमें से पार होने वाले अल्फा कणों पर अपना प्रभाव डाल सकता है। कुछ विशेष बहुत ही विरले अवसरों पर जबकि अल्फा कण ठीक नाभिक में पड़ जाता है वह पीछे लौट जाता है, (एक ही प्रकार के प्रभार एक दूसरे को, कूलॉन के नियम के अनुसार, पीछे ढकेलते हैं)।

इस परिकल्पना (hypothesis) पर आधारित होते हुए रदरफोर्ड ने सिद्धान्तिक रूप से अल्फा कणों के झुकाव की मात्रा परमाणु के प्रभार पर निर्भर करते हुए निकाली। किन्तु यदि उसके द्वारा प्राप्त फामूला सही था तो, विपरीत समस्या का हल भी इससे सम्भव होना चाहिये यानी कणों के झुकाव को जानकर नाभिक के प्रभार की संख्या गणना करना सम्भव होना चाहिये।

रदरफोर्ड के देशवासी हेगेर और मासंडन ने इस फामूले की परीक्षा करने का बीड़ा उठाया। प्रयोगों के द्वारा उन्होंने प्रतिपादित किया कि फामूला सही था, और उसकी सहायता से ताँबे, चाँदी, और प्लाटीनम के परमाणुओं के बीज-केन्द्रों (Nucleus) के प्रभार की संख्या गणना की। ये प्रभार क्रमशः 27, 47 और 78 प्रभार की मूलभूत इकाइयों की संख्या में ज्ञात हुए।

और अब मेडलीफ की प्रणाली की और आइये, ताँबे, चाँदी, और प्लाटीनम की क्रमिक संख्याओं की ओर ध्यान दीजिये। यह क्या? बिल्कुल सन्निपतन? वे भी यही संख्याएँ 29, 47 और 78 हैं।

नहीं, यह प्राकृतिक बात नहीं हो सकती है। डच वैज्ञानिक वान-डेन-ब्रूक ने सर्व प्रथम निम्न पूर्वानुमान दिया : प्रत्येक रासायनिक तत्व के परमाणु के नाभिक के प्रभार की मात्रा प्रभार की मूलभूत इकाइयों में नापी जा सकती है और उसकी परमाणविक संख्या के बराबर होती है अर्थात् मेडलीफ प्रणाली में तत्व की क्रमिक संख्या के बराबर होती है। अंत में आवर्त-नियम के वास्तविक आधार का पता लग गया। परमाणविक भार नहीं नाभिक का प्रभार है जो आवश्यक रूप से आवर्त प्रणाली में तत्व का स्थान निश्चित करता है।

उपरोक्त निष्कर्ष निर्विवादित सत्य का रूप ले ले। इसके लिये कुल ज्ञात तत्वों के परमाणुओं के प्रभारों की मात्रा नापना शेष रह गया था। परिकल्पना को सिद्धान्त में परिणत करना आवश्यक था।

यह कार्य रदरफोर्ड ने अपने युवा सहकर्मी हेनरी मोजली के सुपुर्द किया और उसने, योग्यता के साथ इस कार्य को किया। प्रतिभाशाली वैज्ञानिक का छोटा जीवन (मोजली इसके बाद एक ही वर्ष में मर गया था) अपनी महत्वपूर्ण खोजों से भरपूर हो गया।

यदि भागते हुए इलेक्ट्रॉनों से मार्ग में किसी धातु की बनी हुई रुकावट (जसे प्रति कैथोड कहा जाता है) उपस्थित की जावे तो राञ्जन किरणों (एक्स रे) विकीर्णित होती हैं जिसके स्पेक्ट्रम (वर्णक्रम) में धन्य रेखाओं के प्रतिरिक्त प्रति-कैथोड के पदार्थ की विशेषता सूचक रेखा भी होगी। यह "लाक्षणिक" रेखाएँ कहलाती हैं। इन्हीं लाक्षणिक रेखाओं के व्यवस्थित अध्ययन में मोजली भी अधिकांश तत्वों के प्रति-कैथोड (Anti Cathod) तय्यार करने के बाद जुट गया।

इन प्रयोगों से बहुत बड़ी माशा की जाती थी। क्योंकि यदि परमाणु का "प्रहीय" माडेल सही था, तो एक तत्व से दूसरे तत्व में जाते समय लाक्षणिक राञ्जन विकिरण की तरंग दीर्घता भी अनुक्रमता से परिवर्तित हो जावेगी। और उस दशा में, तब इस तरंग दीर्घता को जान कर मेंडेलीफ प्रणाली में तत्व की क्रम-संख्या निकाली जा सकेगी।

पूर्वानुमान कितने ही साहसिक क्यों न रहे हों, परिणाम सर्वाधिक साहस पूर्ण भाशाओं से भी भागे निकल गये। प्राप्त नियमितता इतनी स्पष्ट थी, तत्व की क्रमसंख्या और तरंग दीर्घता के मध्य सम्बन्ध प्रत्यक्ष था कि अब भागे इसमें सन्देह करने को कोई गुंजाइश नहीं रह गयी थी : मेंडेलीफ प्रणाली में तत्वों का स्थान प्राप्त करने का सर्वाधिक विरवसनीय मार्ग मिल गया था।

और तुरन्त वह अन्धकार छटने लगा जो बहुत वर्षों से विरल मिट्टियों के तत्वों के रहस्य को वैज्ञानिकों से छिपाये हुए था।

सर्वे प्रथम यह स्पष्ट हुआ कि प्रकृति में से कौन वास्तव में विरल मिट्टी के तत्व हैं, और कौन केवल कल्पना और प्रयोगों की गलतियों का परिणाम हैं। इन तत्वों में से केवल 13 को 'नागरिक अधिकार' प्राप्त हुए। इसके प्रतिरिक्त मोजली ने पूर्ण निश्चयता के साथ घोषित किया कि अनुसन्धानकों के हाथ में क्रम संख्या 61 और 72 के तत्व नहीं हैं और इसलिये उनको प्राप्त करना आवश्यक है।

पर कहां खोजा जाये ? जहां तक तत्व संख्या 61 का सम्बन्ध है, प्रतीत हुआ कि अधिक कठिनाइयों की भाशा नहीं करनी चाहिये। यह चौदहवाँ लैन्थे-नायड होगा। डेनिश भौतिक शास्त्री यू तामसेन ने 1895 ई. में ही और वे. ब्राडनेर ने 1902 ई. में यह भविष्यवाणी की कि नियोडिमियम और समेरियम

के मध्य भ्रंशत विरल मिट्टी का यह तत्व होगा। इसका अर्थ यह है कि उसे उन्हें खनिजों में ढूँढना आवश्यक है जिनमें नियोडोमियम और समेरियम प्राप्त होते हैं।¹

पर तत्व संख्या 72 को कहाँ खोजा जाये ?

ल्यूटिशियम (lutecium) तत्व संख्या 71 है जो विरल मिट्टी का उपलब्ध (Typical) तत्व है। तत्व संख्या 73, टैन्टेलम (tantalum) विरल मिट्टी का तत्व नहीं है। फिर लैन्थेनायड समूह किस तत्व से समाप्त होता है। ल्यूटिशियम दिया। उसके द्वारा उद्घाटित अथवा भ्रंशत तत्व संख्या 72 से ?

इस प्रश्न का उत्तर महान डेनिश भौतिक शास्त्री एवं सैद्धान्तिक नेल्स बोर ने दिया। उसके द्वारा उद्घाटित सिद्धान्त ने पदार्थों के विज्ञान को एक नया युग प्रदान किया।

बोर ने, ऐसा समझा जावेगा, कि रदरफोर्ड के परमाणु के ग्रहीय मॉडेल में बहुत नगण्य सुधार के साथ कार्य प्रारम्भ किया। उसने स्थापना दी कि इलेक्ट्रान किसी भी कक्षा में चक्कर न लगा कर केवल दृढ़ता से निर्दिष्ट कक्षाओं में ही चक्कर लगाते हैं और प्रत्येक कक्षा में पूर्ण रूप से निश्चित इलेक्ट्रॉनों की संख्या चक्कर लगाती है। इलेक्ट्रॉन एक कक्षा से दूसरे कक्षा में जा सकते हैं पर ऐसी दशा में वह या तो एक बिल्कुल निश्चित ऊर्जा की प्रमाणा (quantum) उन्मुक्त करता है या अवशोषित करता है। इसी कारण उत्तेजित किये गये परमाणु का स्पेक्ट्रम (वर्णक्रम) जो विशेष यन्त्रों—स्पेक्ट्रोस्कोपों—द्वारा फोटोग्राफ किया जाता है, अविच्छिन्न (Continuous) न होकर रेखित (striped) चित्र प्रस्तुत करता है।

अपने सिद्धान्त की सहायता से इस प्रकार के स्पेक्ट्रम का स्पष्टीकरण करते हुए बोर इस निष्कर्ष पर पहुँचा कि नाभिक (बीजकेन्द्र) से प्रथम कक्षा (Orbit) में दो से अधिक इलेक्ट्रॉन नहीं रह सकते हैं। और इसी प्रकार दूसरी कक्षा में 8, तीसरी कक्षा में 18, चौथी कक्षा में 32, पाँचवीं कक्षा में 50 (इसी प्रकार आगे) से अधिक नहीं रह सकते हैं। श्यापक रूप से $2n^2$ इलेक्ट्रॉन किसी कक्षा में हो सकते हैं जब कि n कक्षा की क्रम संख्या है (भौतिक शास्त्र में n को 'मुख्य क्वाण्टम-संख्या' 'Principal Quantum number' कहा जाता है)।

1. इसके अतिरिक्त मोजले ने, अंत में, प्रणाली में K तथा Ar, Co तथा Ni, J तथा Te के स्थानों के लिये खत रहे दीर्घकालीन विवादों को भी त्त किया, और दृढ़ता पूर्वक यह प्रतिपादित किया कि Co की क्रम-संख्या 27, निकेल की 28, आर्गन की 18, पोटेशियम की 19, Te की 52 तथा J की 53 है।

अब हम मेडेलीफ़ प्रणाली के प्रत्येक आवर्त में तत्वों की संख्या की गणना करेंगे। प्रथम आवर्त में दो तत्व (हाइड्रोजन और हीलियम) हैं, दूसरे और तीसरे आवर्तों में आठ-आठ तत्व हैं, चौथे और पाँचवें में अठारह-अठारह तत्व (हाइड्रोजन और हीलियम) हैं, दूसरे और तीसरे आवर्तों में आठ-आठ तत्व हैं, चौथे और पाँचवें में अठारह-अठारह तत्व हैं, छठे आवर्त में बत्तीस तत्व हैं। इस प्रकार हमें संख्याओं का वही क्रम प्राप्त होता है जो बोरे ने नाभिक से प्रथम, द्वितीय, तृतीय, चतुर्थ आदि कक्षाओं में स्थिति इलेक्ट्रॉनों की संख्याओं का घपने सिद्धान्त की सहायता से निकाला है। यह स्पष्ट है कि यह प्राकृतिक घटना नहीं है। आवर्त में तत्वों की संख्या इलेक्ट्रॉनिक कक्षाओं के भरने का अनुक्रम (Succession) प्रतिबिम्बित करती है। और, ऐसा है तो प्रकटतः यह जानना कि कैसे, किस क्रमक्रमण में वह संख्या पूरी होती है बिल्कुल अनिवायं और असाधारणतया महत्वपूर्ण हो जाता है। इस मार्ग में हम अनिवायं रूप से अत्यन्त महत्वपूर्ण निष्कर्षों पर पहुँचते हैं।

इस प्रकार, बोरे के सिद्धान्त के दृष्टिकोण से आवर्त-प्रणाली के प्रथम आवर्त में प्रथम कक्षा की सम्पूर्ण सम्पन्न होती है। चूँकि प्रथम कक्षा में केवल दो इलेक्ट्रॉन आ सकते हैं इसलिए प्रथम आवर्त में तत्वों की संख्या भी दो ही हो सकती है। दूसरे आवर्त में ($n=2$) के अनुसार द्वितीय आवर्त में सम्पूति कम होती है) 8 तत्व हो सकते हैं। और यही वास्तविकता भी है। दूसरे आवर्त के अन्तिम तत्व नियम (Neon) को क्रम संख्या 10 होती है, और इसका अर्थ होता है कि उसमें इलेक्ट्रॉनों की संख्या 10 है : दो प्रथम आवर्त में और 8 दूसरे आवर्त में, भागे तीसरे आवर्त में 18 तत्व होने चाहिये किन्तु वास्तव में इस आवर्त में कुल आठ ही तत्व होते हैं, अर्थात् तृतीय आवर्त 18 सम्भव इलेक्ट्रॉनों को स्थान देने के बजाय केवल आठ इलेक्ट्रॉनों को स्थान देता है। यह इस कारण होता है क्योंकि 8 इलेक्ट्रॉनों का ढाँचा सर्वाधिक स्थायित्व रखता है और इसलिये तीसरा आवर्त अपनी इलेक्ट्रॉनों की संख्या (18) लेने की सर्वोच्च क्षमता केवल चौथे आवर्त में पूरी करता है यानी उस समय जब वह, यदि इस प्रकार कहा जा सकता है, "पूछ भाग से गहरा" हो जाता है। यह प्राकृतिक घटना—'विलम्ब से' आवरणों की सम्पूति—भाग भी अपने को दोहरायेगी, और कुल अवसरों पर यह बाह्य आवरण की "प्रतिरक्षा के अन्तर्गत" होता है, जो स्वयं कभी आठ इलेक्ट्रॉनों से अधिक संख्या अपने में नहीं रखता है।

अब हमें पाँचवें और छठे आवर्तों को निरीक्षण करना रह गया है (सातवाँ आवर्त अभी पूरा नहीं हुआ है)।

इन आवर्तों के अन्त में पहुँचने वाली निष्क्रिय गैसों की कक्षाओं में इलेक्ट्रॉनों की स्थिति इस प्रकार है :

जेनान (Xenon) 2, 8, 18, 18, 8

रेडान (Redon) 2, 8, 18, 32, 18, 8

छठे आवर्त में मानो इलेक्ट्रानों को यह स्मरण रहता है कि चौथे आवर्त में 14 "रिक्त" स्थान हैं और वे उन्हें भरना प्रारम्भ कर देते हैं। इस प्रकार लेन्थे-नायडों के परिवार का निर्माण होता है। 14 इलेक्ट्रान उपरोक्त रिक्त स्थानों को भरते हैं और 14 तत्व बनते हैं। किन्तु अवश्य ही इसका अर्थ है कि तत्व संख्या 72-रूपटिशियम अन्तिम विरल मिट्टी का तत्व है और इसी से यह निष्कर्ष निकलता है कि अज्ञात तत्व 72 को जिर्कोनियम और टाइटेनियम से सादृश्यता रखनी चाहिये, जो चौथे वर्ग में स्थित हैं। इसका अर्थ यह है न कि उसे जिर्कोनियम और टाइटेनियम के खनिजों में खोजना आवश्यक है न कि विरल मिट्टियों के खनिजों में।

1923 ई. मे कोस्टर और हेविशी ने तत्व संख्या 72 खोज ली। वह नार्ब के जिर्कोनियम के खनिजों में मिला, और उसका नाम गैफनियम रखा गया। गोर का सिद्धान्त शान के साथ सम्पुष्ट हुआ। आवर्त-नियम के ऊपर छाये काले बादल छंट गये, गुंणों में आवर्तिक परिवर्तन होने का कारण स्पष्ट हो गया।

मानचित्र से विस्तृत परिचय

आधो अब एक बार फिर अपने प्रमाणित सिद्धान्त से सुसज्जित होकर और आवर्त-नियम में गम्भीर विश्वास लेकर हम आवर्त प्रणाली की ओर लौटें।

अस्तु, परमाणु के केन्द्र में घनात्मक प्रभाति बीज केन्द्र स्थित होता है, जिसका प्रभार आवर्त प्रणाली में तत्व की क्रम-संख्या के बराबर होता है। बीज केन्द्र के चारों ओर ऋणात्मक प्रभारित इलेक्ट्रान चक्कर लगाते हैं। उनकी संख्या बीज केन्द्र के प्रभार के बराबर होती है (और इसलिये तत्व की क्रम-संख्या के बराबर होती है।) इलेक्ट्रान कक्षाओं में स्थित होते हैं और प्रत्येक कक्षा में षड्गुण से निदिष्ट इलेक्ट्रानों की संख्या ही सर्वोच्च संख्या हो सकती है। ये संख्यायें हैं 2, 8, 18, 32 आदि।

प्रकृतः इलेक्ट्रानों का किसी ऐसी संख्या से बना हुआ ढांचा सर्वाधिक स्थायी प्रगट होता है, विशेषकर, 2 या 8 इलेक्ट्रानों से बना हुआ ढांचा और वास्तविकता भी यही है। निःसन्देह, निष्क्रिय गैसों के बाह्य कक्षा में इलेक्ट्रानों की संख्या इस प्रकार होती है : हीलियम में दो और शेष कुल में, प्रत्येक में पाठ, पाठ।

अब हम बतयेंगे कि तत्वों के रासायनिक गुण किस प्रकार अपने परमाणुओं के ढांचों से जुड़े होते हैं। प्रथम आवर्त में दो तत्व होते हैं : हाइड्रोजन और हीलियम। प्रथम तत्व, हाइड्रोजन में बीज केन्द्रीय प्रभार इकाई होता है और

प्रकेली एक कक्षा में एक इलेक्ट्रॉन होता है। हिलियम में एक और इलेक्ट्रॉन इसी एक कक्षा में प्रगट हो जाता है और बस धावतं समाप्त हो जाता है।

दूसरे धावतं का प्रथम तत्व लिथियम है जिसकी क्रम संख्या 3 होती है और उसके तीन इलेक्ट्रॉन दो कक्षाओं में स्थित होते हैं : दो प्रथम कक्षा में और एक द्वितीय कक्षा में। बेरीलियम में चौथा इलेक्ट्रॉन प्रगट होता है। किंतु चूंकि प्रथम कक्षा पूर्ण भरी होती है इस कारण नया इलेक्ट्रॉन द्वितीय कक्षा में स्थान लेता है। बोरॉन में द्वितीय कक्षा में तीन इलेक्ट्रॉन हो जाते हैं, कार्बन में चार, नाइट्रोजन में पांच और इसी प्रकार एक-एक इलेक्ट्रॉन की संख्या क्रमशः बढ़ते हुये नियम से दूसरी कक्षा भी पूर्णतः भर जाती है और उसमें दूसरी कक्षा में आठ इलेक्ट्रॉन होते हैं। इसलिये नया इलेक्ट्रॉन जो नियम के बाद सोडियम में प्रगट होता है, अगली-तीसरी कक्षा में स्थान प्राप्त करता है।

सोडियम से नया धावतं प्रारम्भ हो जाता है। इस धावतं में भी चित्र पूर्णतः इसी प्रकार अपने कां दोहराता है। मैग्नीशियम में, जो बेरीलियम के समान ही रासायनिक गुणों में होता है, बाह्य कक्षा में दो इलेक्ट्रॉन होते हैं। अनुधर्मता प्रगट करने वाले बोरॉन और अल्युमिनियम में, कार्बन और सिलिकन में, नाइट्रोजन और फास्फोरस में, धाक्सीजन और गंधक में, पलोरीन, और क्लोरीन में सब अनुधर्मता युगलों में बाह्य कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की संख्या एक समान होती है। उदाहरण के लिये पलोरीन और क्लोरीन दोनों के बाह्य कक्षाओं में सात सात इलेक्ट्रॉन होते हैं। इस प्रकार रासायनिक तत्वों के गुणों के दोहराने का कारण स्पष्ट हुआ। वह बाह्य इलेक्ट्रॉनिक कक्षाओं की बनावट की एक समानता पर आधारित है।

इस प्रकार क्षारीय धातुओं, लिथियम, सोडियम, पोटेशियम, रुबीडियम, सायेशियम, फ्रांजियम सब की बाह्य कक्षा में एक एक इलेक्ट्रॉन होता है। और इसका अर्थ यह होता है कि रासायनिक प्रतिक्रिया में भाग लेते समय उनके परमाणु केवल एक इलेक्ट्रॉन से अभिक्रिया कर सकते हैं यानी ठीक उसी इलेक्ट्रॉन को देते हुये वे बैसे ही स्थायी इलेक्ट्रॉनों का ढांचा बनाने का प्रयत्न करते हैं जैसा कि निष्क्रिय गैसों का होता है।

दूसरे वर्ग (group) में विरल मिट्टी की धातुएं पड़ती हैं। उनके बाह्य कक्षा में दो दो इलेक्ट्रॉन होते हैं और इसलिये इन धातुओं को 2+ संयोजकताएँ प्रगट कर सकते हैं (पर्याप्त धातु प्रचुर होना रहता है) इसी प्रकार आगे सामान्य है, कि धावतं प्रणाली में वर्ग की

सबसे ऊँची सम्भावित संयोजकता व्यक्त करती है। इस प्रकार सातवें वर्ग के तत्व 7-संयोजकतायें तक प्रगट कर सकते हैं।

किन्तु हम क्यों हर समय केवल इलेक्ट्रोनो के देने ही की बात करते हैं ? प्रथम, तत्व उसी प्रकार का स्थायी ढाँचा जैसा कि निष्क्रिय गैसों का होता है, बनाते हैं यदि 8 से कम इलेक्ट्रोन होने वाले उनके ढाँचे में बकिया, इलेक्ट्रोनो की सम्पूर्ति कर दी जाती है। यह बात बिल्कुल नियमतः होती है। तत्व बिल्कुल इसी प्रकार का आचरण व्यक्त करते हैं, किन्तु केवल वही जहाँ यह करना "सुविधाजनक" होता है। निस्सन्देहः मैग्नीशियम को, उदाहरण के लिये, यह भासान होता है कि वह अपने दो इलेक्ट्रान दे दे बजाय इसके कि वह छः इलेक्ट्रोन बाहर से ले और अपनी बाह्य कक्षा में आठ इलेक्ट्रोन पूरा करे : किन्तु क्लोरीन, जिसकी बाह्य कक्षा में सात इलेक्ट्रोन होते हैं, एक इलेक्ट्रान भासानी से ले सकता है और अपनी बाह्य कक्षा की स्थायी सम्पूर्ति कर सकता है।

इसी कारण से मध्य में स्थित नाइट्रोजन इलेक्ट्रानो को बराबर प्रकार से दे या ले सकता है। उसे दोनों ओर बराबर सुविधा प्राप्त है।

इस प्रकार हमने परमाणु की बनावट के दृष्टिकोण से धातुओं और अधातुओं के मध्य अन्तर स्पष्ट किया।

धातु केवल अपने संयोजकता करने वाले इलेक्ट्रोनो को दे सकते हैं; अधातु, नियमतः ऐसे इलेक्ट्रोनो को बाहर से अपने में धारण कर सकते हैं। जो कुछ ऊपर कहा गया है उससे यह निष्कर्ष स्वयं सामने आता है कि धातुओं और अधातुओं की संख्या आवर्त-प्रणाली में बराबर होनी चाहिये। पर ऐसा बिल्कुल नहीं है। प्रगततः आवर्त प्रणाली में धातुओं की संख्या बहुत ही कम है। वे प्रणाली के दाहिनी ओर ऊपर के कोने में केवल कुछ खानों में स्थित हैं और शेष कुल खाने टिपिकल धातुओं से भरे हैं।

जब तक हमने मैटेलिक प्रणाली के प्रथम तीन आवर्तों के धेरे को नहीं पार किया था सब, कुछ ठीक था। पर अब चौथा आवर्त भरना प्रारम्भ हुआ। पोटेशियम की बाह्य चौथी कक्षा में एक इलेक्ट्रोन होता है, कैल्शियम में दो होते हैं, स्कैन्डियम में दो होते हैं। टाइटेनियम और वनैडियम में भी दो-दो होते हैं। यह क्या माजरा है ? क्यों जैसे ही चौथी बाह्य कक्षा में दो इलेक्ट्रोन स्थान लेते हैं प्रागे की चौथी कक्षा का भरना रुक जाता है और प्रत्येक नया इलेक्ट्रोन अन्दर की तीसरी कक्षा में स्थान लेने लगता है ? सामान्यतः क्यों इतने विलम्ब के बाद तीसरी कक्षा अपनी सम्भावित अधिकतम इलेक्ट्रोनो की संख्या भरना प्रारम्भ करती है ?

प्रकटः, समान प्रकार से प्रसारित इलेक्ट्रॉनों के शक्तिशाली पारस्परिक प्रतिकर्षण (Repulsion) का यह प्रभाव है। इसका परिणाम यह होता है कि वे पुरानी तीसरी कक्षा को भरने के बजाय बीजकेन्द्र से अधिक दूरी पर स्थित नई चौथी कक्षा में स्थान लेने लगते हैं, किन्तु यहाँ नई कक्षा में प्रत्येक दृढ़ दो इलेक्ट्रॉनों वाला मेल उपस्थित हो जाता है। यह इतना दृढ़ होना है कि नये घाने वाले इलेक्ट्रॉनों के लिए ऊर्जा की दृष्टि से यह अधिक सुविधाजनक हो जाता है कि वे अन्दर की तृतीय कक्षा में इलेक्ट्रॉनों की कमी को सम्पूर्ति करें, विशेषतः इसलिए कि इस प्रकार की रचना को परमाणु के नाभिक का बढ़ता हुआ घनात्मक प्रभार भी सहायता देने लगता है।

फिर भी बाह्य कक्षा के इलेक्ट्रॉन बाहर से नये घाने वाले धागन्तुकों को बिल्कुल ही भ्रवहेसना नहीं करते हैं। टाइटेनियम, उदाहरण के लिए, बावजूद इसके कि उसकी बाह्य कक्षा में कुल दो इलेक्ट्रॉन होते हैं, रासायनिक प्रतिक्रियाओं में 4+ संयोजकतायें प्रकट करता है (जैसा कि उसके वर्ग (group) की संख्या के अनुसार होना चाहिए)। वह अपने दो कम पढ़ने वाले इलेक्ट्रॉनों को सीधे तीसरी कक्षा से 'उधार' ले लेता है। वॉनेडियम (Vanadium) को चूंकि यह पांचवें वर्ग में स्थित है तीन इलेक्ट्रॉन 'उधार' लेने पड़ते हैं। और इसी प्रकार आगे। इसी का विषय कुल सम even पक्तियों में निरीक्षण किया जाता है। सम-पक्तियों के कुल तत्वों में प्रत्येक की बाह्य कक्षा में दो इलेक्ट्रॉन होते हैं और यह जैसा कि हम दे चुके हैं उनके धातु होने का चिह्न है।

किन्तु उसके बाद क्या होता है जब कि भीतरी कक्षा पूर्ण रूप से भर जाती है? चौथे धावर्त में ताँबा (Copper) और जस्ता (जिंक) प्रारम्भ में आते हैं, किन्तु उनमें भी और कुछ नहीं करना होता है। नये घाने वाले दोनों इलेक्ट्रॉनों को भीतरी कक्षा में ही स्थान लेना पड़ता है। जस्ता के बाद घाने वाले धातु गैलियम में तीन इलेक्ट्रॉन बाह्य कक्षा में होते हैं, जर्मनियम में चार और जर्मेनियम के बाद स्थित सल्विया (मार्सेनिक), सिलीनियम, तथा श्रोमीन टिपिकल अधातु प्रकट होते हैं। अर्थात् गुणों में परिवर्तन की नियमितता वही नहीं होती है, जो पिछले छोटे धावर्तों में हमें पहले मिली थी। इस प्रकार प्रथम बड़े वर्ग का निर्माण पूरा होता है। आगे, साबो बड़े धावर्तों के भरने के समय भी वही विषय पुनः दोहराता है। केवल इस अन्तर के साथ ही छठे धावर्त में मेरियम की बाह्य कक्षा में दो इलेक्ट्रॉन आ जाने के बाद आगे की परिपूर्ति निम्न-लिखित तरीके से होती है : लॉन्थेनम में एक इलेक्ट्रॉन ठीक पीछे स्थित पाचवीं कक्षा में स्थान लेता है पर लॉन्थेनायिडों का परमाणुविक रचना में अधिक पहूराई

में स्थित चौथी कक्षा के रिक्त स्थान नये ध्राने वाले इलेक्ट्रॉनों द्वारा भरना प्रारम्भ हो जाते हैं ।

यहाँ यह स्पष्ट हो जाता है कि इन तत्वों की धमत्कारपूर्ण सादृश्यता का कारण क्या है ? वास्तविकता यह है कि पांचवी कक्षा से अकेले इलेक्ट्रॉन को उधार ले लेना कठिन नहीं होता है, किन्तु चौथी कक्षा से इलेक्ट्रॉन लेने की कोशिश कीजिये, इसके लिए आपको उस समय तक प्रतीक्षा करनी पड़ेगी जब तक वह पूरा न भर जाये । और तब तक केवल तीन इलेक्ट्रॉनों से ही सतोष करना पड़ेगा (दो जो बाह्य कक्षा में होते हैं, और एक जो पांचवीं कक्षा का आसानी से उधार मिल जाता है) यही कारण है कि कुल 14 लैन्थेनायड तत्व एक ही 3+ संयोजकता प्रकट करते हैं । और इसीलिए वे एक दूसरे से अपने रासायनिक गुणों में जुड़वाँ भाईयों की भाँति एक दूसरे के समान होते हैं ।

किन्तु रासायनिक समानता या तत्वों में अन्तर (distinction) केवल इलेक्ट्रॉनिक कक्षाओं की बनावट पर ही नहीं निर्भर करता है वरन् उसकी सख्याओं पर भी निर्भर करता है । अवश्य ही, प्रत्येक नयी कक्षा के साथ, प्रत्येक नये ध्रावर्त के साथ परमाणु आकार में बढ़ता है । इसके परिणामस्वरूप सबसे अन्तिम कक्षा के इलेक्ट्रॉन अपने आकर्षित करने वाले नाभिक से इतनी दूर स्थित हो जाते हैं कि बिस्कुल छोटे दबाव के अन्तर्गत भी उनको अपना परमाणु छोड़ कर बाहर जाने में कोई कठिनाई नहीं होती है । इसी कारण से सबसे अधिक धात्विक प्रकृति की तत्व सायेशियम, एवं फ्रान्जियम ध्रावर्त-सारणी के बायें नीचे के कोने में स्थित हैं । और सबसे अधिक अधात्विकता प्रकट करने वाला ध्रधातु, प्लोरीन, इसके विपरीत, दाहिनी ओर ऊपर स्थित है । लैन्थेनायडों भी इसी कारण से एक दूसरे से समानता प्रकट करते हैं क्योंकि गहराई में स्थित आन्तरिक कक्षा में इलेक्ट्रॉनों के प्रवेश के साथ परमाणुओं के आकार में कोई बढाव नहीं होता है, बल्कि बीज केन्द्र के घनात्मक प्रभार में बढाव के कारण उनके (परमाणु के) आकार में थोड़ा घटाव आ जाता है । यही नहीं, लैन्थेनायडों के आकारों में इस प्रकार के संकोचन (Compression) के फलस्वरूप उनके बाद पढ़ने वाले तत्व हैफनियम (Hafnium) और टैन्टैलम (tantalum) ठीक वही परमाणुओं के आकार रखते हैं जो जिर्कोनियम और नियोबियम के परमाणुओं के होते हैं । और इसीलिए जिर्कोनियम विशेष कर हैफनियम से, और नियोबियम टैन्टैलम से, अपने गुणों में समानता प्रकट करता है ।

और, अंत में, कुछ शब्द प्रणाली में हाइड्रोजन की स्थिति के विषय में भी हमें कहना है । हाइड्रोजन को प्रथम वर्ग में रखते हुए यह हमको स्पष्ट रूप से समझ लेना चाहिए कि हम यह केवल एक लक्षण के कारण करते हैं, वह यह कि उसकी कक्षा में केवल एक इलेक्ट्रॉन होता है । पर अवश्य ही, हाइड्रोजन । १

(एक ऋण) संयोजकता भी प्रगट करता है अर्थात् यह, हैलोजनों की भाँति, ऋणान्मक प्रभार धारण करने में एक इलेक्ट्रॉन ग्रहण करता है। इस प्रकार के यौगिकों की पूरी श्रेणी ग्राह्य है। उन्हें हाइड्राइड कहा जाता है। उदाहरण के लिये, कैल्शियम हाइड्राइड CaH_2 , निथियम हाइड्राइड आदि हैं। इस सशय के अनुसार हाइड्रोजन सातवें पर्यं (group) में बैठने का पूर्ण अधिकारी है।

पर आगे क्या है ?

क्या यह कहा जा सकता है कि इस समय आवर्त-प्रणाली पूर्णतः निष्कलंक है ? क्षमा कीजिये, ऐसी बात नहीं है। इन्हीं लैन्थेनायडों को ही ले लीजिये, उनका लैन्थेनम के ही खाने में एक साथ स्थान लेना इलेक्ट्रॉनों के आवरणों की बनावट के सिद्धान्त के दृष्टिकोण से सही कहा जा सकता है। किन्तु बावजूद इसके, मेंडेलीफ की सारणी के छोटे आकार में (जो हमारे संलग्न रंगीन चित्र में दिखाया गया है) कोई न कोई तत्व कृत्रिम रूप से शामिल है। आगे ट्रांस-यूरेनियम तत्वों की स्थिति के बारे में सब कुछ बहुत स्पष्ट नहीं है। यह प्रश्न इस समय बहुत विवाद-पूर्ण है। कुछ वैज्ञानिक यह सुझाव देते हैं कि सातवें आवर्त में एक्टिनायड परिवार की उसी प्रकार पृथक कर देना आवश्यक है जैसे कि लैन्थेनायडों को किया गया और थोरियम, प्रोटेक्टिनियम, यूरेनियम, तथा 11 ट्रांसयूरेनियम तत्वों को (कुल 14 की संख्या में, जैसा कि लैन्थेनायडों की भी संख्या 14 है) एक एक्टिनियम के खाने में स्थान देना चाहिये जैसा कि संलग्न रंगीन चित्र में किया गया है। अन्य अनुसंधानकर्ता उचित समझते हैं कि यूरेनाइडों और थोरनाइडों के परिवार पृथक किये जायें और थोरियम प्रोटेक्टिनियम तथा यूरेनियम को अपने पूर्व-स्थानों पर ही रखा जावे। संक्षेप में यह है कि अभी आवर्त-सारणी के इस भाग में स्पष्टता बहुत कम है। और भविष्य इसे स्पष्ट करेगा।

निस्सन्देह, आवर्त प्रणाली के सामने अब भी बहुत बड़ा भविष्य है। यह भविष्यवाणी करना कि उसमें आगे कौन-कौन सी अनुपूर्तियाँ एवं संशोधन होंगे बहुत कठिन है। केवल इस बात में सन्देह नहीं हो सकता है कि "भविष्य आवर्त-प्रणाली के अन्त का नहीं उसके विकास का दावा करता है।" मेंडेलीफ ने ये शब्द कहे थे। उसके शब्द बार-बार सही प्रमाणित हो चुके हैं और विज्ञान के प्रसार की दौड़ में आगे भी सही साबित होते रहेंगे।

पानी से हल्की धातुयें

क्या धातु को चाकू से काटना सम्भव है ? और वह भी हाथी दाँत के चाकू से जिससे साधारणतः पुस्तकों के पृष्ठ फाड़े जाते हैं ? क्या उसे हथेली से मोम

की भांति दबाकर गोली बनाया जा सकता है ? क्या हाथ की गर्मी से वह पिघल सकता है ? और, अन्त में, क्या घातु को पानी में तैराया जा सकता है ?

प्रथम दृष्टि से ही ये प्रश्न कुछ अजीब से प्रकट हो रहे हैं : दैनिक जीवन में हम कठिनाई से गलने वाले कठोर धातुओं से परिचित हैं....। फिर भी, ऐसे धातु हैं जो मोम की भांति मुलायम, पानी में न डूबने वाले, तथा हाथ की गर्मी से पिघल जाने वाले होते हैं। और यही नहीं, रासायनिक गुणों के दृष्टिकोण से वे आदर्श धातु हैं : बड़ी सरलता से कंटावन बनाते हैं। पानी से पारस्परिक प्रतिक्रिया करते हुए वे शक्तिशाली क्षार बनाते हैं, इसी कारण उन्हें क्षारक भी कहा जाता है, वे हैं लीथियम, सोडियम, पोटेशियम, रूबीडियम, तथा सायेशियम।

यदि क्षारीय—धातु के एक टुकड़े को किरोसीन के तेल से, जिसमें उसे सुरक्षित करके रखा जाता है, बाहर निकालें और चाकू से काटें तो कटा हुआ स्थान चांदी की भांति श्वेत रंग का दिखाई पड़ेगा किन्तु कुछ देर तक उस टुकड़े को वायु में रखने से वह कटा हुआ चिन्ह काला पड़ जाता है और उसकी चमक समाप्त हो जाती है। धातु वायु की नमी से पारस्परिक प्रतिक्रिया करता हुआ हाइड्राक्साइड की परत निर्माण करता है। वह वायु से कार्बन-डाई-आक्साइड गैस अवशोषित करके कार्बोनेट बनाता है। क्षारीय धातुएँ अत्यन्त सक्रिय होती हैं। इसीलिये उनको किरोसीन के तेल में सुरक्षित करके रखा जाता है। यदि एक छोटे से टुकड़े को : उदाहरण के लिये, सोडियम को, पानी में डाला जाये तो वह चमकती हुई गोली का रूप ले लेता है और चांदी की भक्ति पानी की ऊपरी सतह पर कड़क और चौंधों के साथ बनने वाली हाइड्रोजन के बबूलों से उत्तेजित होते हुए, भागता है। पर्याप्त मात्रा में ऊष्मा उन्मुक्त होती है। यदि धातु की मात्रा अधिक होती है तो उन्मुक्त ऊष्मा बनने वाली हाइड्रोजन को जला सकती है और विस्फोट तक उत्पन्न कर सकती है।

क्षारीय धातुओं की असाधारण सक्रियता का कारण उनके बाह्य अकेले इलेक्ट्रॉन का परमाणु से शिथिल सम्बन्ध है।

तीन क्षारीय तत्व—लीथियम, सोडियम तथा पोटेशियम—पानी में नहीं डूबते हैं। लीथियम का विशिष्ट गुरुत्व 0.534 है, वह पानी से लगभग दो गुना हल्का और आस्मियम से, जो सबसे भारी धातु है, लगभग 40 गुना हल्का होता है।

अन्तर्ग्रहीय यान की वाष्प

आस्मिक यान ने पृथ्वी के आकर्षण पर काबू पा लिया है। अब विशाल मोटरो की आवश्यकता नहीं रह गई है। वे बहुत ही अधिक ईंधन मांगते हैं। आस्मास में उनके स्थान पर क्या प्रयोग किया जा सकता है ? आयनों का मोटर।

यह बहुत सरल होता है। उसकी कार्य प्रणाली निम्न प्रकार दी जा सकती है। सूर्य की प्रबल वेंटरियां वोल्फ्राम की प्लेटों को खूब लाल गर्म कर देती हैं। उनके ऊपर सर्वाधिक आसानी से गलने वाला एवं सर्वाधिक सक्रिय धारीय धातु सायेशियम होता है।

वोल्फ्राम से विकीर्णित ऊष्मा के प्रभाव से सायेशियम आयोनीकृत हो जाता है। बने हुये आयनों का वादल 10 100 वोल्ट के क्रम के तनाव के (tension) स्थिर विद्युत् क्षेत्र (electrostatic field) में सवेग (momentum) प्राप्त करता है। 12 मिलियन सेंटीमीटर प्रति सेकण्ड की गति से सायेशियम के आयन राकेट के नाजल (Nozzle) से निकलते हैं। इस प्रकार साधारण शक्ति वाला 12000 किलोग्राम सेकण्ड किलोग्राम² का विशिष्ट लिचाव (specific traction) प्राप्त होता है। किन्तु आयनों की किरण का भार अत्यन्त कम होता है अमरीका के वैज्ञानिक बताते हैं कि साधारणतः इस मोटर का लिचाव एक किलोग्राम से अधिक न आयेगा।

फिर भी, आधुनिक अन्तर्ग्रहीय उद्यान के लिये यह मोटर ही विशाल गति देने का वादा करता है। जरा ध्यान दीजिये : आयनों वाले घोटर में सायेशियम ईंधन नहीं होता है, वह केवल सूर्य की ऊर्जा का वाहक उसी प्रकार होता है जैसे वाष्प जलते हुये कोयले की ऊर्जा का वाहक होता है।

आयनों की वाष्प पृथ्वी पर भी मानव की बड़ी सेवा करेगी। भविष्य में आधुनिक वाष्प व्यायलरों, टर्बाइनो, जेनरेटरो, कन्डेन्सरों और एम् नर्व साधारण पर साथ ही, कहना न चाहिए, अत्यन्त असुविधाजनक विशाल एव महंगे ऊष्मा को विद्युत् में परिवर्तित करने वाले यन्त्रों का स्थान प्लाज्मा के जेनरेटर ले लेंगे।

प्लाज्मा के जेनरेटरो की कार्य करने का सिद्धान्त अपेक्षतया सरल है। गैस टर्बाइन की टॉटी से पराश्वनिक (Super sonic) गति से कानों को बहरा कर देने वाली धावाज के साथ 3000 सेंटीग्रेड के तापमान तक गर्म आयोनीकृत गैस की धारा फूट निकलती है। टोटी से बाहर निकलते समय यह शक्तिशाली चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा सुरक्षित होती है। किन्तु जैसा विदित है, गैस इस ऊँचे तापमान पर भी बहुत कम आयोनीकृत होती है। उनकी वैद्युत् सवाहकता की तुलना धातु की वैद्युत् सवाहकता से किसी प्रकार नहीं की जा सकती। गैसों की वैद्युत् सवाहकता को पर्याप्त ऊँचा करने के लिए यह आवश्यक है कि गैस की धारा में प्रभारित कणों को समाविष्ट किया जावे।

1. विशिष्ट लिचाव (शक्ति) वह है जो एक सेकण्ड में एक किलोग्राम ईंधन जलने से प्राप्त होता है।

और इस समय फिर सरलता से प्रायोनीकृत होने वाले, सक्रिय क्षारीय धातु हमारी सहायता करते हैं। सायसियम (रूबीडियम, पोटेशियम) को गैस की धारा में समाविष्ट करते हैं।

विद्युत्-धारा प्राप्त करने के लिए यह आवश्यक होता है कि चुम्बकीय क्षेत्र को किसी धातु-संवाहक (Metallic Conductor) द्वारा प्रतिच्छेदित किया जाये। यहां धातु की भूमिका विद्युत् संवहन करने वाली गैस की धारा प्रदा करती है।

प्लाज्मा के जेनरेटरों में गैस की ऊष्मा सीधे विद्युत् में परिणत हो जाती है।

फलोत्पादक कार्य-क्षमता 50-60 प्रतिशत के लगभग होती है, अर्थात् साधारण जेनरेटरों, वाष्पीय ध्यायलरों, टर्बाइनों, विद्युत् जेनरेटरों आदि की धारा की फलोत्पादक कार्य-क्षमता से दो गुना अधिक होती है।

कास्मिक यान के पथ

कास्मिक यान के पथ क्षारीय धातुओं ने अपना भाग्य कास्मिक से जोड़ लिया है। 2 जनवरी 1959 ई० ने सारी मानवता को इस पर विश्वास दिला दिया।

किसी तुषारित (Frosty) शीत निशा में निर्दिष्ट समय पर चन्द्रमा की ओर भागते हुये अदृश्य राकेट से पीला धब्बा (परमाण्विक सोडियम की वाष्पों का बादल) फूट निकला। विश्व के प्रथम कृत्रिम पुच्छल तारे का आविर्भाव हुआ। उसकी सहायता से सोडियम का बादल छोड़ने के क्षण राकेट के अक्षांश-रेखांश (Coordinates) ठीक-ठीक निर्धारित किये गये। पृथ्वी से 113 हजार किलो-मीटर दूरी पर छोड़े गये उस बादल ने छठी साइज के तारे की चमक प्राप्त कर ली, ऐसे तारे की चमक जो मनुष्य को आंखों से बगैर किसी यन्त्र की सहायता से देखा जा सकता था।

कृत्रिम धूम्रकेतुओं की रचना के लिए सभी क्षारीय धातुओं प्रयोग हो सकती हैं। व सभी सरलता में वाष्पीकृत होती हैं और तेजी से चमकती हैं। मैडलीफ प्रणाली का प्रत्येक तत्व अपनी विशेष चमक देता है और अपना विशेष लाक्षणिक स्पेक्ट्रम (वर्णक्रम) प्रस्तुत करता है।

ज्वाला को सोडियम चमकदार पीला वर्ण प्रदान करता है। एक चुटकी भर रसोईघर के नमक को गैस बर्नर की लो में डालिए और आपको इस पर विश्वास हो जायेगा।

कास्मास में सोडियम के परमाणु सूर्य के स्पेक्ट्रम का पीला भाग, शेष अंश को अवशोषित करते हुए, विक्षेपित (Disperse) करते हैं। पीले रंग का धूम्रकेतु प्राप्त होता है जो अत्यन्त चमकदार होता है, साधारणतः एक किलो-

ग्राम सोडियम से प्राप्त पुच्छल तारे के प्रकाश की मात्रा वही होती है जो 70 हजार किलोवाट शक्ति के विद्युत प्रक्षेपक (Electric Projector) से प्राप्त होती है।

किन्तु इससे भी बड़े पुच्छल तारे लियियम का प्रयोग करके प्राप्त किए जा सकते हैं। प्रथमतः लियियम के परमाणु सूर्य के स्पेक्ट्रम के निश्चित भाग को शक्ति के साथ विक्षेपित करते हैं : एक किलोग्राम में वे सोडियम के परमाणुओं की अपेक्षा तीन गुना अधिक होते हैं। लियियम का धूम्रकेतु जो एक किलो ग्राम धातु से बनता है, सोडियम द्वारा बने धूम्रकेतु की अपेक्षा 40 गुना अधिक चमकदार होगा। केवल वह पीला न होगा, बल्कि कार्मिन रक्त (Cormine red) वर्ण का होगा। पोटेशियम का धूम्रकेतु गुलाबी-बैंगनी रंग का होगा। क्षारीय धातुओं की सहायता से कास्मिक यान का मार्ग अनुरेखक (Tracer) की सहायता से अनुसरित किया जा सकता है। इसके लिए लियियम के वादलों को समय के निर्धारित मध्यान्तरो पर छोड़ना आवश्यक होता है।

प्रकाश से प्रतिक्रिया करते हैं

1888 ई. में प्रख्यात रूसी भौतिक-शास्त्री अ. गे. स्तोलेतोव ने उद्घाटित किया कि विद्युत-चाप (Electric arc) का प्रकाश जिक प्लेट से इलेक्ट्रॉन निष्कासित करता है। इस प्राकृतिक घटना को 'प्रकाश-वैद्युत् प्रभाव' कहा गया है। इसकी मात्रा धातु के इलेक्ट्रॉनों की गतिशीलता पर निर्भर होती है। इस पर निर्भर होती है कि उनको परमाणु से तुड़ा लेने अथवा परमाणु को आयोनिज करने में कितनी आसानी होती है। वह क्षेत्रीय तनाव जिसमें परमाणु का बाह्य इलेक्ट्रॉन अपनी कक्षा छोड़ देता है, आयनीकरण विभव (Ionising Potential) कहलाता है।

क्षारीय धातुओं के आयनीकरण विभव दूसरी धातुओं की अपेक्षा छोटे होते हैं। सायेशियम का आयनीकरण विभव, उदाहरण के लिए, केवल 3.9 वोल्ट होता है। यह आश्चर्य की बात नहीं है कि पोटेशियम, सोडियम और विशेषकर रूबीडियम और सायेशियम प्रकाश के लिये बड़े ग्रहणशील होते हैं। अन्तिम दोनों तत्वों का एक बड़ा अंश फोटो विद्युत् सेल के उत्पादन में उपयोग किया जाता है।

यह फोटो विद्युत् सेल क्या होता है? यह एक छोटा, विरलीकृत (Rarefied) निष्क्रिय गैस भरा हुआ बल्ब होता है, जिसके भीतरी आवरण का कुछ भाग सायेशियम अथवा रूबीडियम की हल्की परत से ढका होता है। एक अच्छे शीशे की भाँति, बल्ब के इस चाँदी के समान चमकते भाग के दूसरी ओर छल्ला (Ring) या तार की जाली होती है।

बल्ब का चाँदी के समान चमकता भाग कॅथोड होता है और छल्ला या जाली अनोड होता है। जब कॅथोड को प्रकाशित किया जाता है, प्रकाश क्वाण्टम्

इलेक्ट्रॉन बाहर निकालते हैं। वे अनोड की ओर चलते हैं और शृंखला बनाते हुए धारा उत्पादित करते हैं।

फोटो विद्युत् सेल द्वारा उन ताराओं की चमक नापी जा सकती है, जो मनुष्य की आँखों से कठिनता से दिखाई पड़ते हैं।

भावसीजन-रजत-सायेशियम के कॅथोड ग्रन्थकार में देखते हैं, वे इन्कारेड (अवरक्त) एवं वायलेट किरणों से तेजी से प्रभावित होते हैं।

फोटो विद्युत् सेल ने महान गूंगे (सिनेमा) को वाणी दी, उसके बरंर टेलीविजन प्रसम्भव था। वह स्वचलित उत्पादन की क्रियाओं की सहायता से चलने वाले अनेक आधुनिक कारखानों का प्रविच्छेद्य अंग बन गया है।

क्षारीय धातु और परमाणविक रीएक्टर

वैज्ञानिकों ने परमाणविक नाभिक को बन्धन-मुक्त किया, ऊर्जा के प्रदूत गुप्त भण्डार तक पहुँचे और वही पर उनकी मुठभेड़ गम्भीर समस्याओं से हो गई।

यूरेनियम के रीएक्टर को ठंडा करना, उसके द्वारा उन्मुक्त होने वाली ऊष्मा को निरन्तर हटाते रहना अनिवार्य होता है। ऐसे पदार्थ की आवश्यकता पैदा हो गई जो तेजी से एवं प्रभाव पूर्ण ढंग से ऊष्मा को ले सके, ठंडा करने वाली प्रणाली के पाईपों में आसानी से चल सके और कुछ सी डिग्री के तापमान पर भी द्रवावस्था में रह सके। रीएक्टर के ठंडा किये जाने वाले भाग का ऐसा ही तापमान होता है।

जल पुराना अनुभवी ऊष्मा खींचने वाला पदार्थ है। उसकी तापीय धारिता प्रसिद्ध है। उसकी ऊष्मीय संवाहकता बहुत खराब है। नलों में वह चिपकता नहीं है। किन्तु, किन्तु वह 100°C तापमान पर ही वाष्पीकृत हो जाता है। जल में अनेक रीएक्टर सफलतापूर्वक काम करते हैं, किन्तु उसका नीचा बबयनांक (Boiling Point) इस बात की अपेक्षा करता है कि प्रणाली का ढाँचा उँचे दबावों पर रखा जावे। इसके साथ ही उँचे तापमानों पर जल ढाँचे के पदार्थ से पारस्परिक रासायनिक प्रतिक्रिया उत्पन्न करता है।

क्षारीय धातुओं का ऊष्मा खींचने वाले पदार्थ के रूप में उपयोग ढाँचे को बहुत सरल बनाने की अनुमति प्रदान करता है। सोडियम, उदाहरण के लिये, तेजी से और प्रभावोत्पादक ढंग से ऊष्मा उठाता है। वह 97.8°C सेंटी ग्रेड पर गलता है और 890°C पर उगलता है। इस प्रकार वह लगभग 800 अंशों की दौड़ में द्रव बना रहता है। किन्तु यह गुण कुछ कम महत्वपूर्ण नहीं है : सोडियम को उँचे तापमानों और नीचे दबावों पर प्रयोग किया जाता है। इसके साथ ही, वह ठण्डा करने वाली प्रणाली के पदार्थ से पारस्परिक रासायनिक

प्रतिक्रिया नहीं उत्पन्न करता है। लियियम का द्रवावस्था में रहने का प्रक्षेत्र 1150°C तक है। उसका भी प्रयोग ऊष्मा उठाने वाले पदार्थ के रूप में किया जाता है। यह सच है कि पानी की अपेक्षा क्षारीय धातु न्यूट्रानो को छीमा करने में कहीं अधिक कमजोर होते हैं, इसके प्रतिरिक्त उनकी अभिप्रेरित रेडियो सक्रियता पानी की अपेक्षा ऊंची होती है।

प्रकृति में और शरीर में

पृथ्वी का पपड़ा पोटेशियम और सोडियम की एक समान मात्राएँ अपने में रखता है, लगभग 2.5 प्रतिशत भार के अनुसार स्थल में पोटेशियम और सोडियम तरबो की विशाल तहें प्राप्त होती हैं, किन्तु महासागरों में सोडियम की मात्रा पोटेशियम से 40 गुना अधिक होती है। इसका क्या कारण है? प्राचीन क्षारीय धातुओं के आयनों के अर्ध-व्यासों की ओर ध्यान दें। वे निम्नलिखित आचरण प्रदर्शित करते हैं : जितना ही बड़ा परमाणविक भार होता है उतना ही बड़ा धातु का आयनिक व्यासार्ध होता है। फलतः, उतनी ही अधिक सरलता से वह प्रत्येक प्रकार के प्रभारित कणों द्वारा प्रभावित होता है। ऐसे कण सदैव मिट्टी में रहते हैं। वे धामानी में विकृत होने वाले आयनों से आकर्षित होते हैं। पोटेशियम, रुबीडियम और सायेशियम के कंटायन इसी प्रकार के धायन होते हैं।

दूसरी ओर से, प्रत्येक धायन विद्युत-क्षेत्र का स्रोत होता है और बाह्य माध्यम के प्रभारित कणों पर वह विकृत करने वाला प्रभाव छोड़ता है, उतनी ही अधिक शक्ति के साथ जितना छोटा जमका आयनिक अर्धव्यास होता है। क्षारीय धातुओं में सर्वाधिक शक्तिशाली विकृतकारी प्रभाव कंटायन लियियम प्रगट करता है, जिसका आयनिक व्यासार्ध सबसे छोटा (0.78 \AA) होता है। इस प्रकार यह कहा जा सकता है कि पोटेशियम, रुबीडियम और सायेशियम मिट्टी को पकड़ते हैं किन्तु लियियम स्वयं उसमें पकड़ा जाता है। सोडियम के धायन का दृष्टसम आकार (0.98 \AA) होता है। वह शिथिलतापूर्वक विकृत होता है और इसलिये पानी द्वारा सरलता से मिट्टी से धी लिया जाता है।

यह बात पोटेशियम मिट्टी को पकड़ता है बड़ी महत्वपूर्ण है। अबष्य ही उर्वरकों की तीन ह्लेलों में से एक वह है (अन्य दो ह्लेलें फास्फोरस और नाइट्रोजन हैं)। प्रति वर्ष ससार की फसलें मिट्टी से 30 मिलियन टन से ऊपर पोटेशियम निकाल लेती हैं। मोठा चुकन्दर, घालू और तम्बाकू विशेषतः अधिक पोटेशियम चाहते हैं। पोटेशियम के अभाव में हाइड्रोकार्बन सश्लेषित करने की क्षमता कम हो जाती है। मोठ चुकन्दर में शक्कर की मात्रा कम हो जाती है, घालू में स्टार्च का अंश कम हो जाता है। छोटे पौधे पोटेशियम अधिक चाहते हैं, जहाँ कोशिका-विभाजन (Cell division) अधिक तीव्रता से होता है। इस

इस तत्व की कमी से पीघा बढ़ना बन्द कर देता है, फल नहीं देता है, और अन्त में रोगी हो जाता है ।

पोटेशियम के उर्वरकों में सबसे मुख्य स्थान पोटेशियम क्लोराइड और सिल्विनाइट (Sylvinite), पोटेशियम क्लोराइड एवं सोडियम क्लोराइड के मिश्रणों से बनी पहाड़ी चट्टानों, से तैयार किये हुये पोटेशियम लवणों का है । पोटेशियम क्लोराइड जो उर्वरक के रूप में प्रयोग होता है, श्वेत, महीन मणिभय पाउडर होता है । उसमें 50 प्रतिशत से ऊपर पोटेशियम रहता है ।

पोटेशियम सल्फेट में 52 प्रतिशत पोटेशियम होता है वह प्रत्येक प्रकार की मिट्टी के लिए फलप्रद होता है । और उन फसलों के लिए विशेष लाभ-वायक होता है जो क्लोरीन के प्रति संवेदनशील होती है, जैसे आलू, पलंगस, भांग और तम्बाकू ।

पीसे हुए सिल्विनाइट को भी सीधे उर्वरक के रूप में प्रयोग किया जाता है । औसतन उसमें 15 प्रतिशत तक पोटेशियम होता है ।

बहुत अरसे तक पोटेशियम लवणों का सप्सार का सबसे बड़ा उत्पादन क्षेत्र जर्मनी में स्ट्रासवग था । क्रान्ति के पूर्व रूस जर्मनी से प्रतिवर्ष 4-5 मिलियन पूड पोटेशियम लवण खरीदता था ।

रूसी वैज्ञानिकों ने निरन्तर श्रम करके अपने देश में पोटेशियम के भण्डारों का पता लगाया । और 1912 ई० में कामा नदी के ऊपरी भागों में 100 मीटर गहराई पर पीलापन लिए हुए खनिज प्राप्त हुआ जो सिल्विनाइट-पोटेशियम क्लोराइड सिद्ध हुआ । क्रान्ति के उपरान्त अकैडेमीशियन एन. एस. कूर्नाकोव के निरीक्षण में सोलीकाम्स्क के उद्गम क्षेत्र का अनुसन्धान किया गया । वह सप्सार का एक महत्वपूर्ण पोटेशियम का उद्गम क्षेत्र प्रगट हुआ ।

1927 ई० में सोलीकाम्स्क में खुदाई प्रारम्भ की गई और 1930 ई० में उसने सिल्विनाइट के प्रथम अंश उत्पादित किये ।

हाल ही में बायलो रूस के पोटेशियम लवणों के सबसे धनी क्षेत्रों में कार्य प्रारम्भ किया गया है । यहां खनिज लवणों के बहुत बड़े भण्डार पाये जाते हैं । उनका सर्वाधिक तेजी से उपयोग करने पर भी वे सैकड़ों वर्षों तक के लिये पर्याप्त होंगे । 1961 ई० में सोलीगोस्की उद्यम-समूह (Combine) ने कच्चा पोटेशियम लवण प्रदान किया ।

पृथ्वी के पपड़े में लिथियम सोडियम की अपेक्षा 400 गुना कम है । उसने अपना नाम इस आधार पर प्राप्त किया कि वह पहले-पहले खनिज से प्राप्त हुआ था और पीघो को राख से नहीं, जिससे उस समय उसका निकट सम्बन्धी पोटेशियम प्राप्त हुआ था । ग्रीक भाषा में 'लिथियोस' का अर्थ है 'पत्थर',

तथापि, कुछ पौधे भी लिथियम अपेक्षतः अधिक मात्रा में रखते हैं। इस प्रकार, बटर कप, यिसिल, कार्नेपलावर (षामीलीस्तनीक) में वह ग्रन्थ पौधों की अपेक्षा कई गुना अधिक होता है।

पृथ्वी के पपड़े में सायेशियम उतनी ही मात्रा में है, जितना परा (7.10-⁴ प्रतिशत)। रूबीडियम सायेशियम की अपेक्षा दश गुना अधिक है। वे अनेक पहाड़ी चट्टानों में, पोटेशियम लवणों की परतों में, सागरीय जल में, पौधों में, जीवों के शरीर में प्राप्त होते हैं। उन्हें उनके खनिजों, लेपिडोलाइट, पोल्जाइट से प्राप्त किया जाता है। रूबीडियम सागरी जीवों में संग्रहीत होता है। वह पेटों के कार्टों में एव लाल मदिरा में बहुत होता है। यह रक्त के लाल कार्पोसूलो-एरियोसाइटों में भी सकेन्द्रित होता है। सायेशियम मांसल तंतुओं में संचित होता है।

सोडियम तथा पोटेशियम जीवों के शरीर में अपेक्षतः अधिक मात्राओं में रहते हैं और उनमें महत्वपूर्ण, यद्यपि अलग-भिन्न प्रकार की, भूमिकाएँ अदा करते हैं।

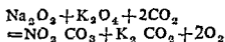
मनुष्य के शरीर में कुल 175 ग्राम पोटेशियम होता है, जिसमें कोशिकाओं से बाहर द्रवों में (प्लाज्मा, रक्त, लसीका Lymph) मेरू रज्जु द्रव में) केवल दो ग्राम से कुछ ऊपर होता है।

किन्तु सोडियम इसके विपरीत, कोशिकाओं के बाहर द्रवों में केन्द्रीभूत होता है, जहाँ उसकी मात्रा पोटेशियम से 28 गुना अधिक होती है। मांस तंतुओं में सोडियम पोटेशियम की अपेक्षा 5 गुना कम होता है।

प्रौढ़ जीवों के शरीर में पोटेशियम की मात्रा सोडियम की अपेक्षा अधिक होती है, किन्तु भ्रूण के मांस-तंतुओं में सोडियम की मात्रा पोटेशियम से अधिक होती है, उनमें इन तत्वों का अनुपात सागरीय जल में उनके अनुपात के लगभग होता है। कुछ वैज्ञानिक इस तथ्य को सागर में जीवों की प्रथमोत्पत्ति का प्रत्यक्ष प्रमाण मानते हैं। ग्लाइकोजन (मधुजन) एव एल्ब्यूमिन के संश्लेषण में भी पोटेशियम भाग लेता है। इस तत्व की कमी से मनुष्य सारे शरीर में कमजोरी अनुभव करता है, और हृदय की साधारण कार्य-क्षमता में रुकावट आती है। सोडियम, दूसरी ओर शरीर में अम्ल एवं क्षार के संतुलन को नियन्त्रित करने के लिये, दाँचे की मांस-पेशियों की क्रिया एवं हृदय की सामान्य नाड़ी स्पन्द (Pulse) कायम रखने के लिये आवश्यक होता है।

अद्भुत व्यवसाय

स्मरण कीजिये, जूल बर्न के वीरों ने भली प्रकार मुंह बन्द, 'नायुतिलीस' में, जो बर्फ के फन्दे में फंस गया था, किस प्रकार सांस ली होगी। उनको अपनी नोका की वायु से फालतू कार्बन-डाई-आक्साइड निकाल कर उसमें आक्सीजन लाना था। पर यह नहीं किया जा सकता था। हमारे समय में वायु से पुनरुद्धारण (Regeneration) की समस्या सोडियम और पोटेशियम पर-आक्साइड यौगिकों की सहायता से हल कर ली गई है। सोडियम-पर-आक्साइड का पोटेशियम सुपर-पर-आक्साइड के साथ मिश्रण, कार्बन-डाई-आक्साइड का अवशोषण करता हुआ घासानी से आक्सीजन की अनुरूप (equivalent) मात्रा उत्पन्न कर देता है :



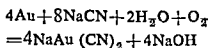
इस प्रकार मनुष्यों द्वारा सांस लेकर छोड़ी गई वायु पूर्णतः पुनरुद्धारित हो जाती है।

ये दोनों पदार्थ (सोडियम-पर-आक्साइड एवं पोटेशियम सुपर-पर-आक्साइड) धातु की शुष्क आक्सीजन के प्रवाह में जलाने से प्राप्त होते हैं। बिकने वाले सोडियम पर-आक्साइड का वर्ण पीला लिये होता है किन्तु बहुत शुद्ध प्रतिकारक (Reagent) रंगहीन होते हैं। साधारण दशाओं में पोटेशियम सुपर पर-आक्साइड तेज पीला, फूला हुआ (fluffy) मणिमय पाउडर होता है। दोनों यौगिक अत्यन्त शक्तिशाली आक्सीकारक पदार्थ (oxidisers) हैं। पहले सोडियम पर-आक्साइड का उपयोग शक्तिशाली ब्लीचिंग पाउडर के रूप में किया जाता था। इस समय भी उसे विरंजन चूर्णों (bleaching powders) और घोंके के साथ मिला कर उपयोग करते हैं।

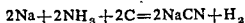
कुछ रंगों के उत्पादन में, स्टार्च के विश्लेषण में, धातु के उत्पादन में, कागज बनाने के कारखाने में, काष्ठ की लुबदी को रंगहीन करने में हाइड्रोजन पर-आक्साइड स्थान ठोस प्रतिस्थापकों (Substitutes) के रूप में क्षारीय धातुओं के पर-आक्साइड ले रहे हैं।

पर-आक्साइडों का उत्पादन सोडियम और पोटेशियम के प्रमुख आहकों में एक है। क्षारीय धातुओं से साइनाइडों का उत्पादन भी इस सम्बन्ध में उससे पीछे नहीं है।

साइनाइड लवणों में सोने और चांदी के जटिल घुलने वाले यौगिक बनाने की क्षमता है। 1844 ई. में रूसी वैज्ञानिक पे. एर. वाग्रातिग्रोन ने सोना और चांदी को उनके खनिजों से पृथक करने के लिये सोडियम-सायनाइड का उपयोग करने का सुझाव दिया। वायु की उपस्थिति में सोडियम-सायनाइड का घोल निम्न प्रतिक्रिया सम्पन्न करता है :



सायनाइड लवण अत्यन्त विषैले होते हैं उनको कृषि-बीड़कों के साथ संघर्ष करने में उपयोग किया जाता है। सोडियम-सायनाइड का प्रयोग फीलाद के ऊपरी घरातल के श्लेष्मीकरण और प्लास्टिक, कृत्रिम रालों, बानिशो और रंगों के उत्पादन में भी प्रयोग किया जाता है। साधारणतः सोडियम-सायनाइड 300° सेन्टीग्रेड के तापमान पर गले हुये सोडियम को शुष्क गैसीय अमोनियम के साथ शोधन (Treatment) करने के उपरान्त 800°C पर कार्बन की प्रतिक्रिया द्वारा प्राप्त किया जाता है। संक्षेप में इस प्रक्रम (Process) की प्रतिक्रिया निम्न प्रकार की होती है :



वर्तमान समय में घाने के साधनों के उत्पादन में सोडियम का अंश बढ रहा है।

इण्डिया रबर के उत्पादन में सोडियम की बड़ी मात्रा उपयोग की जाती है। कुचुक (इण्डिया रबर) के बनाने का आधार डाइवाइनिल (Divinyl) होता है, किन्तु केवल उत्प्रेरक की सहायता से कुचुक में उसका बहुलीकरण (Polymerisation) हो सकता है। और सर्वोत्तम उत्प्रेरक सोडियम धातु होता है। प्रतिक्रिया, उतनी ही तीव्रता से चलती है जितना अधिक विस्तृत सोडियम का घरातल होता है, जितना अधिक डाइवाइनिल का पदार्थ उसके सम्पर्क में आता है। इस कारण से सोडियम की पतली परतें लोहे की सलाखों के ऊपरी घरातल पर लगा देते हैं। साधारणतः एक टन कुचुक के उत्पादन में तीन किलोग्राम सोडियम व्यय होता है।

किन्तु वर्तमान समय में धातु सोडियम का मुख्य अंश लेड-टेन्टाइपाइल के उत्पादन में व्यय होता है, जो प्रसिद्ध एन्टी-डिरोनेटर है।

सबसे महत्वपूर्ण यौगिक

हमारा तारखे धारीय धातुओं के हाइड्राक्साइडों अथवा कार्बिक धारों से है। उनको कार्बिक इसलिए कहा जाता है क्योंकि वे जीवित तत्वों को नष्ट

कर देते हैं यानी, खा लेते हैं। ये प्रबल क्षार होते हैं। वे ज्विय तंतुओं से तमो खींच लेते हैं और अल्बुमिन से संयोग करके योगिक बनाते हैं तंतु सूज जाते हैं। और देर तक प्रतिक्रिया होने पर जलने का दाग पड़ जाता है। कास्टिक सोडा गली हुई अवस्था में कांच और चीनी मिट्टी के बर्तनों को खा जाता है और वायु की उपस्थिति में प्लैटीनम के बर्तनों को खा लेता है। क्षारीय घातुओं के कुल हाइड्रेट पानी में तेजी से घुलते हैं।

व्यवहार (Practice) में कास्टिक सोडा सोडियम क्लोराइड के घोल में विद्युद्विश्लेषण द्वारा प्राप्त किया जाता है। कास्टिक पोटाश को पोटेशियम क्लोराइड के घोल के विद्युद्विश्लेषण से प्राप्त करते हैं। संसार में कास्टिक सोडा का उत्पादन कुछ मिलियन टन है वह रसायनिक उद्योगों की अनेक शाखाओं में प्रयोग किया जाता है। कास्टिक सोडा के पतला किये हुए (dilute) घोल के 140°C सेन्टीग्रेड पर वनस्पतीय पदार्थ के प्रभाव से सेल्लोज (Cellulose) प्राप्त होता है, जो उद्योग की विभिन्न शाखाओं में महत्वपूर्ण कच्चे माल के रूप में प्रयोग किया जाता है।

साबुन बनाने का उद्योग क्षारों की बड़ी माँग करता है। साबुन सोडियम और पोटेशियम के वसीय अम्लों (fatty acids) से प्राप्त लवण होते हैं।

ऊँची किस्म के नहाने वाले तरल साबुन और विशेष प्रकार के द्रव औषधीय साबुन बनाने में कास्टिक पोटाश का प्रयोग किया जाता है।

कार्बनिक रंगों के उद्योग, टेक्सटाइल उद्योग, खनिज तेलों के परिशोधन आदि में कास्टिक क्षारों को एक बहुत बड़ी मात्रा का उपयोग किया जाता है।

सोडा और शीशा (कांच)

आज से पाँच हजार वर्ष पूर्व मिस्र देश के निवासियों ने शुद्ध श्वेत रेत को सोडा तथा खडिया के साथ मिश्रण कर शीशा प्राप्त किया था। प्राचीन मिस्र के निवासियों ने सोडा की भीनी से सोडा प्राप्त किया था। प्रकृति में वह उस स्थान पर बनता है जहाँ मिराबिलाइट (mirabilite) की तहें होती हैं। मिराबिलाइट Na_2SO_4 होता है। कुछ विशेष प्रकार के बँकटीरिया मिराबिलाइट को सोडियम सल्फाइड (Na_2S) में अथकृत (Reduce) कर देते हैं। कार्बनडाइ-आक्साइड तथा जल के प्रभाव से सोडियम-सल्फाइड सोडा में परिणत हो जाता है। सोडा की भीनी के पड़े में एवं तट पर खनिज सोडा $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ बन जाता है।

घाटारहवीं शताब्दी के अन्त तक हीव और साबुन के कारखाने, पश्चिमी योरोप के टेक्सटाइल उद्योग प्राकृतिक सोडा का उपयोग करते थे। स्पेन के भूमध्य

सागरीय तट पर छार रखने वाले पेट्रों को जला कर प्राप्त सोडा का सर्वाधिक उपयोग किया जाता था ।

रूस में घठारहवीं शताब्दी में काफी बड़ी मात्रा में पोटैश K_2CO_3 तैयार किया जाता था वह भी शीशे (कांच के उद्योग में प्रयुक्त होता था, एक पूर (36 पींड या 16.38 किलोग्राम) पोटैश प्राप्त करने के लिये 120 वर्गमीटर क्षेत्र का जंगल जलाना पड़ता था । भस्त्राखान और स्पेन का सोडा भी मास्वी आता था ।

वनस्पतीय पदार्थों से सोडा प्राप्त करने की विधि घठारहवीं शताब्दी के अन्त में पुरानी एवं दकियानूसी हो गई थी । इस विधि से प्राप्त सबसे अच्छे किस्म के सोडा—स्पेन के बारीना सोडा—में केवल 25-30 प्रतिशत मूलभूत पदार्थ (सोडा) होता था ।

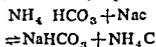
घठारहवीं शताब्दी के मध्य में कांच, साबुन एवं कपड़े के उद्योगों की मांगों को सोडा उद्योग पूरा नहीं कर पा रहा था । 1775 ई० में पेरिस की विज्ञान परिषद ने रसोई के नमक $NaCl$ से सोडा उत्पादन करने की विधि निकालने के लिये प्रतियोगिता घोषित की । 15 वर्षों बाद पेरिस के सेक्य-प्रमाणक (Notary) को एक लिफाफा मिला, जिसमें ग्लाबर साल्ट Na_2SO_4 से कृत्रिम सोडा उत्पादन करने की विधि का वर्णन था । इस पेटेंट (Patent) का द्रव्येक रसायन प्रेमी लेब्लान था, जो घालेंज के ड्यूक का घरेलू डाक्टर था । उसकी विधि के अनुसार ग्लाबर लवण, जो रसोई के नमक पर सल्फरिक अम्ल के प्रभाव के फलस्वरूप प्राप्त होता था $1000^{\circ}C$ के तापमान पर कार्बन तथा कैल्शियम-कार्बोनेट के साथ गल कर भस्त्राव बन जाता था ।

सोडा के भस्त्राव को कैल्शियम-सल्फाइड के साथ विसानित (lixivate) करते हैं, अर्थात् उसको पानी से व्यवहृत करते हैं । सोडा घोल के रूप में पृथक हो जाता है ।

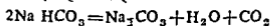
लेब्लान की विधि से उन्नीसवीं शताब्दी के सत्तर वर्षों तक सोडा प्राप्त किया गया । कपड़े खिड़की के शीशों और साबुन के दाम घाये हो गये । लेब्लान के समय तक खिड़की के शीशे फ्रांस में विलास (Luxury) की वस्तु समझे जाते थे । किन्तु यह विधि बहुत अधिक आदर्श नहीं कही जा सकती थी इसमें रद्दीमाल (Scrap) बहुत निकलती थी । ईंधन की बहुत बड़ी मात्रा व्यय होती थी, मशीन अत्यधिक बड़ी होती थी, प्रतिक्रिया मुख्यतः ठोस पदार्थों से ही चलती थी ।

1861 ई. में बेल्लियम के उद्योग पति सोल्वे ने मोडा उत्पादन की प्रमो-नियम विधि का सुझाव उपस्थित किया । यह विधि, जो अधिक सस्ती और सरल थी, लेब्लान विधि की कमियों से मुक्त थी, रसोई के नमक $NaCl$ के घोल

में प्रमोनियम और प्रतिक्रिया में कार्बन डाइ-प्रोक्साइड समाविष्ट किया जाता है। बनने वाली प्रमोनियम-बाई-कार्बोनेट, विनिमय (प्रादान प्रदान की) प्रतिक्रिया करती हुई सोडियम-बाई-कार्बोनेट में परिणत हो जाती है :



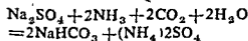
गम करने से सोडियम-बाई-कार्बोनेट सरलता से सोडियम-कार्बोनेट यानी सोडा में परिणत हो जाता है।



Na_2CO_3 भ्रजल सोडियम-कार्बोनेट के रूप में विकता है, जिसे कैल्शियम-माडज्ड सोडा कहा जाता है।

हमारे समय में सोत्वे की विधि से विशाल मात्राओं में सोडा उत्पादित किया जाता है। सारे संसार में प्रतिवर्ष सोडा का उत्पादन कुछ मिलियन टन है।

प्रमोनियम विधि प्रच्यौ है किन्तु कमियों से रहित नहीं है। इस विधि में सोडियम-क्लोराइड पूरा इस्तेमाल नहीं हो पाना है, कार्बन-डाई-प्रोक्साइड गैस प्रमोनियम और चूना बेकार जाते हैं। 1939 ई० में सोवियत वैज्ञानिक प्र. पे. बेलोपोल्स्की ने मिराविलाइट से सोडा उत्पादन करने की विधि निकाली। यह विधि पहले ही से कच्चे माल के जटिल उपयोग की प्रपेशा करती है। इसका प्राधार निम्नलिखित प्रतिक्रिया है :



एक साथ दो मूल्यवान पदार्थ प्राप्त होते हैं—सोडा और प्रमोनियम-सल्फेट। बेलोपोल्स्की की विधि ने अभी औद्योगिक उत्पादन में स्थान नहीं पाया है।

कुल सोडा का पांचवां भाग कार्बिक सोडा के बनाने में उपयोग किया जाता है लगभग $\frac{1}{2}$ भाग अल्युमिनियम के उत्पादन में जाता है। बाक्साइट खनिज से अल्युमिनियम-प्रोक्साइड प्राप्त करने के लिए उसे सोडा द्वारा व्यवहृत किया जाता है।

सोडा बनाने के प्रक्रम में जो मध्यवर्ती उपज सोडियम-बाई-कार्बोनेट की होती है उसे प्रौद्योगिक बनाने और खाने के उद्योग में प्रयोग किया जाता है। पेय सोडा, जैसा कि उसे दैनिक जीवन में साधारणतः कहा जाता है, को बहुत शुद्ध होना आवश्यक होता है ताकि उसमें विषैली मिलावटें संख्या आदि न रह जायें।

कुल प्राप्त होने वाले सोडा के एक तिहाई भाग से ऊपर कांच के उद्योग में इस्तेमाल होता है।

क्षारीय मिट्टी के तत्व

धातु कैल्शियम और उसके प्रनुरूप तत्व-स्ट्रान्शियम, एवं बेरियम—सर्व प्रथम आज से केवल लगभग 150 वर्ष पूर्व प्राप्त हुए, पर कैल्शियम के योगिक अत्यन्त प्राचीन काल से मानव की सेवा कर रहे हैं।

कैल्शियम की अपेक्षा स्ट्रान्शियम, एवं बेरियम तथा उनके योगिकों का वही अधिक कम महत्व था और आज भी कम महत्व है।

रेडियम अपने रसायनिक गुणों में क्षारीय मिट्टी के तत्वों के वर्ग से ही जिसके बारे में चर्चा चल रही है सम्बन्ध रखता है, किन्तु इस तत्व को विज्ञान में नये युग का प्रवर्तक, उसके रसायनिक गुणों ने नहीं, बल्कि उसकी रेडियो सक्रियता ने बनाया है।

मिट्टी या तत्त्व

कैल्शियम, स्ट्रान्शियम और बेरियम के लिये “क्षारीय मिट्टियों के तत्वों की सजा उस समय से चली आ रही है, जब हम सब उन योगिकों को, जिनको आज ग्रावसाइड कहा जाता है, मिट्टियों के नाम से सम्बोधित करते थे। ये पदार्थ गर्म करने से परिवर्तित नहीं होते थे, पानी में बहुत कम घुलते थे और जो घोल मिलता था वह क्षारीय होता था। उस समय की धारणा के अनुसार यही मिट्टियों के गुण समझे जाते थे।

चूने की मिट्टी कैल्शियम-ग्रावसाइड से मानव अति प्राचीन काल से परिचित है। कार्बन-डाइ-ग्रावसाइड से संयोजित होने की इसकी क्षमता के कारण, तथा उसके अनेक अम्लों के साथ संयोजित होने और साथ ही प्रतिक्रिया करके अघुलन शील लवण देने के कारण कैल्शियम-ग्रावसाइड को भी ‘मिट्टियों का सम्बन्धी’ कहा गया। किन्तु स्ट्रान्शियम और बेरियम के योगिक, रसायन शास्त्रियों के हाथ में अपेक्षतया बहुत बाद में आज से लगभग 190 वर्ष पूर्व आये। 1774 ई. में शीले ने प्राकृतिक मैगनीज-डाइ-ग्रावसाइड—पाइरोल्यूसाइट (Pyrolusite)—का प्रनुसन्धान किया और ज्ञात किया कि उसमें कोई उस समय तक अज्ञात, ऊँचे विशिष्ट गुरुत्व का पदार्थ विद्यमान है, जिसे भारी कान्त (Heavy Spar) अथवा बेराइटिस (Barytes) का नाम दिया गया। बेराइटिस नाम ग्रीक भाषा के शब्द “बारुस” से लिया गया है जिसका अर्थ है भारी या भार। और तीस वर्षों के अनन्तर स्काटलैंड में, स्ट्रान्शियन ग्राम के निकट दूसरा उमी प्रकार का पदार्थ स्ट्रान्शियानाइट (Strontianite) प्राप्त हुआ। बाद को यह प्रतिपादित हुआ कि वैज्ञानिकों को इस पदार्थ में बेरियम और स्ट्रान्शियम के सल्फेट मिले थे और पिछले तत्व स्ट्रान्शियम को, जैसा कि स्वयं विदित है, उसको प्रथम भौगोलिक उद्गति के आधार पर नाम प्राप्त हुआ।

अठारहवीं शताब्दी के अंत तक जो विधियाँ विज्ञान में प्रयोग की जाती थी उनके द्वारा 'मिट्टियों' को और अधिक सरल पदार्थों में तोड़ना असम्भव था। इनलिये एन्नुप्रान लवाञ्चयेर ने 'रसायन का प्रारम्भिक ज्ञान' नाम की अपनी पुस्तक में 1789 ई. में Ca O , Sr O , Ba O , को तत्वों की श्रेणी में रखा था। फिर भी उसने उसी समय कह दिया था कि यह धारणा अवश्य बदलेगी और विज्ञान को हठी "मिट्टियों" को सरलतम पदार्थों में तोड़ने की विधि प्राप्त होगी, लवाञ्चयेर मही साबित हुआ।

एन्नुसन्धान में नई विधियों का प्रयोग सर्वद्विज्ञान में क्रान्तिकारी विकास लाता है। ऐसा ही इस समय भी हुआ जब अंग्रेज वैज्ञानिक हेनरी डेवी ने 1808 ई. में सर्वप्रथम विद्युत् धारा का प्रयोग रासायनिक पदार्थों पर उसका प्रभाव जानने के लिये किया। "मिट्टियों" के ऊपर आक्रमण ने, जिससे अन्य प्रख्यात वैज्ञानिक बेर्जेलियस भी भाग ले रहा था, अद्भुत विजयें प्राप्त कीं। मिट्टियों में एक के बाद दूसरे शुद्ध तत्व निकलने लगे—बेरियम, स्ट्रान्शियम, और कैल्शियम इसीलिए कहा गया क्योंकि फ्रेंच भाषा में काल्क का अर्थ चूना होता है।)

यह स्पष्ट हुआ कि क्यों शुद्ध क्षारीय मिट्टी के तत्व प्रकृति में नहीं मिलते हैं, क्योंकि वे मनुष्य को सरलता से नहीं उपलब्ध होते हैं। वे इतने सक्रिय होते हैं कि अक्षरशः वायु के सब अंशों से (निष्क्रिय गैसों को छोड़कर) नाइट्रोजन तक से संयोजित होते हैं।

प्रायः हमारे मस्तिष्क में धातु मुख्यतः स्थायी, कठोर, दृढ़ बनावट वाला पदार्थ होता है। किन्तु धातुओं के विस्तृत परिवार में अत्यन्त सक्रिय और तिनांत निष्क्रिय, पानी से भी हल्के और पारा से भी भारी धातु प्राप्त होते हैं। धातुओं के गुणों की विविधताओं का चित्र वास्तव में अनन्त है।

कैल्शियम, स्ट्रान्शियम तथा बेरियम निकटतम सम्बन्धी हैं, तथापि, कैल्शियम अपने अपने व्यवहारों में इस परिवार से पृथक्ता प्रकट करता है और सबसे पहले इस बात में कि वह अत्यन्त विस्तृत रूप में प्रकृति में फैला है।

कैल्शियम और पृथ्वी का पपड़ा

कैल्शियम सिलिकेट चट्टानों का अनिवार्य अंग है, जो पृथ्वी के पपड़े में प्राप्त खनिजों में सबसे बड़ा समूह बनाती हैं। इससे अपेक्षतया कम मात्रा में वह कैल्शियम कार्बोनेट CaCO_3 अथवा कैल्शियम सल्फेट CaSO_4 के रूप में प्राप्त होता है। इससे भी कम मात्रा में वह कैल्शियम फास्फेट $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ के रूप में मिलता है।

किन्तु कैल्शियम के इन योगिकों के बारे में विस्तृत रूप से वर्णन करना आवश्यक है।

प्राकृतिक कैल्शियम-कार्बोनेट असाधारण रूप से बहु स्वरूपीय यौगिक होता है। सब से पहले मणियों की बनावट के आधार पर कैल्शियम-कार्बोनेट दो प्रकार के खनिज बनाता है—कैल्साइट (calcite) और आरागोनाइट (aragonite)।

आरागोनाइट, विशेषकर, सौन्दर्य की दृष्टि से प्रकृति की असामान्य सृष्टि, स्टैलेक्टाइट (Stalactite) तथा स्टैलग्माइट (Stalagmite) को निर्माण करने वाला पदार्थ होता है, जिनमें कभी-कभी प्राकृतिक कन्दरायें परिपूर्ण पाई जाती हैं।

कैल्साइट कई किस्मों में पाया जाता है। पाठकों में से बहुतों ने वोल्गा तथा दूसरी नदियों के किनारे खड़िया की वर्तमान पहाड़ियां देखी होंगी। खड़िया प्रत्यन्त सूक्ष्म सीपियो से बनी होती है और कभी-कभी कुछ चूने के पत्थरों के ढेर बड़ी सीपियो से बने होते हैं, जो प्रत्यक्ष आँखों से देखी जा सकती है। खड़िया (चाक) और चूने के पत्थर कैल्साइट के सबसे अधिक बिस्तृत रूप में प्राप्त होने वाले स्वरूप हैं। संगमरमर भी अपनी रासायनिक बनावट से कैल्शियम-कार्बोनेट होता है और मणियों की रचना के दृष्टिकोण से कैल्साइट होता है। किन्तु चूने के पत्थर एवं खड़िया की तुलना में उसकी प्रकृति में बनने की परिस्थितियाँ दूसरी होती हैं जिनके कारण वह बाह्य स्वरूप में भी और गुणों में भी कैल्साइट की अन्य किस्मों में भिन्नता रखता है। इस बहु स्वरूपीय यौगिक का एक अन्य स्वरूप भी है—'आइसलैण्ड का स्पार',—कहलाने वाला स्वरूप। उसके मणिम पारदर्शी होते हैं। और एक द्बिलचस्प गुण प्रकट करते हैं, जिसे भौतिक-शास्त्र में 'द्विधावर्तन, (Double refraction) कहा जाता है।

पृथ्वी के स्थल-भाग में चूने के पत्थरों की परतों का कुल क्षेत्र 40 मिलियन वर्ग किलोमीटर है। सोवियत संघ के क्षेत्र का दोगुना क्षेत्र यह होता है।

कैल्शियम के भौगर्भीय इतिहास के पृष्ठ

जर्मन भूरसायन-शास्त्री, गोल्डस्मिथ की धारणाओं के अनुसार पृथ्वी के ऊपर पपड़े की तुलना ब्लास्ट फर्नेस (Blast furnace) में पिघले हुए लोहे के ऊपर स्थित धातुमल से दी जा सकती है। यद्यपि यह तुलना, निम्नन्देह, पूरी तौर से ठीक नहीं होती है, फिर भी, पृथ्वी का पपड़ा और पिघलाऊ भट्टे की धातुमल दोनों कैल्शियम, सोडियम, और पोटेशियम के सिलिकन, अल्युमिनियम, और धावसीजन के साथ अपेक्षाकृत हल्के यौगिकों—अल्युमिनो-सिलिकेटों और सिलिकेटों—से बने होते हैं। यह प्रकारण ही नहीं है कि पृथ्वी की बाह्य परत को कभी-कभी सियाल (Sial) कहा जाता है जो (Si) से सिलिकन तथा अल (Al) से अल्युमिनियम की प्रधानता व्यक्त करता है, किन्तु इन यौगिकों में मैग्नीशियम बेरियम, बेरियम और स्ट्रॉन्शियम भी होते हैं।

यदि हम अपने ग्रह की किशोरावस्था में उसे देख सकें तो हम उसके पपड़े में अपनी सुपरिचित कार्बोनेट की चट्टानें चूने के प्रस्तर आदि न पायेंगे । कारण यह है कि ये चट्टानें अल्युमिनो सिलिकेटो से बहुत कम उम्र की हैं ।

गत भौगर्भीय युगो के ज्वालामुखियों की तूफानी सक्रियता ने पृथ्वी के धायुमण्डल को कार्बन-डाई-आक्साइड से संतृप्त कर दिया था । प्रचुर मात्रा में कार्बन-डाई-आक्साइड रखने वाला ऊष्म एवं वायु मंडल, ग्रैनाइट गिरि-पिण्डों की प्रत्येक दर्राज में घूमते हुए गर्म जल की धाराओं, ने मिलियनों (अरबों) वर्षों में कैल्शियम तथा अन्य धातुओं को केंद्र से बाहर निकालते हुए, सिलिकेटों और अल्युमिनो सिलिकेटो की विशाल मात्राओं को अघुलनशील योगिकों-चिकनी मिट्टी व रेत में परिणत करते हुए और कैल्शियम और उसके हमराहियों को अपेक्षतया अधिक घुलने वाले योगिकों-कार्बोनेटो अथवा सल्फेटो-के रूप में साथ लेते हुए अपना विध्वंसकारी कार्य सम्पन्न किया । निस्सन्देह, अल्युमिनो-सिलिकेटों के विध्वंस की क्रिया क्षणिक नहीं थी । केवल कहानियों में ही पहाड़ों को 'टुकड़े टुकड़े हो जाओ' कहते हुए क्षणसागर में रेत में बदल देना सम्भव हो सकता । पर सैकड़ों मिलियन वर्षों में विध्वंस की धीमी गति ने भी अपने को गुणित (multiply) करते हुए अपना विध्वंसकारी कार्य सम्पन्न किया ।

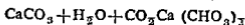
पृथ्वी पर जीवन के आविर्भाव के समय से कैल्शियम के इतिहास में जीवन-धारियों ने भी अपनी भूमिका अदा करना प्रारम्भ कर दी ।

हम पहले ही बता चुके हैं कि अल्युमिनो सिलिकेटों से कार्बोनेटो व सल्फेटों के बनाने की कैल्शियम की चाल बढ़ी धीमी होती है । किन्तु प्रकृति में एक अपेक्षाकृत तेज गति भी विद्यमान है जिसमें कैल्शियम और कैल्शियम का चक्र (जैसा कि प्रकृति में विद्यमान कैल्शियम के चक्र को सर्वसम्मति से कहा जाता है) भाग लेते हैं ।

चक्र है या नहीं ?

कोई ऐसा जलाशय न मिलेगा जिसमें कैल्शियम के लवण न घुले हों । ये लवण तग खाडियों और खनिज स्रोतों के पानी में अधिकता से प्राप्त होते हैं । समुद्र में कैल्शियम के लवणों का अंश 1.6 प्रतिशत होता है और उसके सबसे प्रमुख साथी कार्बन और गन्धक होते हैं (CO₂, -SO₂- धायुमो के रूप में) ।

कैल्शियम के 'अमण' की विशेषताओं को ठीक से समझने के लिए हमें कैल्शियम कार्बोनेट के पानी के घोलों में उपस्थित संतुलन को अध्ययन करना होगा—



जब चूने के पत्थर में कार्बन डाई-आक्साइड से संतृप्त जल प्रवेश करता

है, तो उपरोक्त प्रतिक्रिया का संतुलन (Equilibrium) दाहिनी ओर घुलनशील कैल्शियम-बाइ-कार्बोनेट बनाने की ओर झुक जाता है, इसका अर्थ है कि कम घुलने वाला CaCO_3 घुलनशील सत्वण में परिवर्तित हो जाता है और पानी के घोल में घला जाता है। यही सत्वण (जो कभी किसी के हाथ में नहीं देखा गया है, क्योंकि वह केवल घोल की दशा में ही रह सकता है) प्रकृति में कैल्शियम के 'अमण' को सबसे महत्वपूर्ण कड़ी बनाता है।

प्रतीत होता है कि हमारा सफ़ भूतन्त्र अधिक सँदात्मिक है : पर क्या कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस पानी में उपादा घुलती है ? पानी अपने साथ कितना कैल्शियम ले जा सकता है ? किन्तु यह बेकार ही नहीं कहा गया है कि बूँद-बूँद करके धड़ा भर जाता है : प्रतिवर्ष नदियाँ समुद्रों और महासागरों में 600 मिलियन टन कैल्शियम ले जाती हैं।

महासागर के गर्म जल में कार्बन-डाइ-आक्साइड की घुलनशीलता कम हो जाती है और उसका एक अंश गैस के रूप में उड़ जाता है। दूटे हुए सन्तुलन को पुनर्स्थापित करने के लिये बाइकार्बोनेट "फालतू" कार्बन-डाइ-आक्साइड अणु विमुक्त कर देता है और साधारण अघुलनशील कैल्शियम कार्बोनेट CaCO_3 में परिणत होता हुआ अवक्षेपित (Precipitate) हो जाता है (हमारी प्रतिक्रिया के सन्तुलन की सुई बाईं ओर "धूम" जाती है)। इस प्रकार महासागरों के पोंदों में चूने के पत्थरों की विशाल तहें जमती रहती हैं। स्पष्ट है कि क्योंकि चट्टानें तलछटी शैल (Sedimentary Rocks) की श्रेणी की हैं और चूँकि अवपतन रसायनिक क्रिया से होता है इसलिये इन चट्टानों को रसायनिक उत्पत्ति वाली चट्टानें कहा जाता है। यदि कैल्शियम कार्बोनेट के साथ-साथ मैग्नीशियम-कार्बोनेट भी अवपतित होता है तो डोलोमाइट ($\text{CaCO}_3 \text{ MgCO}_3$) की परतें जमती हैं।

पर, बाईं कार्बोनेट जीवित शरीरों के कार्यों से, जैव-क्रियाओं द्वारा भी चूने की चट्टानों में परिवर्तित हो सकता है। असंख्य सागरीय जीवधारी अपने कठोर आवरणों को बनाने के लिये, पानी में उपस्थित बाइ-कार्बोनेट को विघटित करते हुए, कैल्शियम-कार्बोनेट का इस्तेमाल करते हैं। इन जीवधारियों की मृत्यु के पश्चात् कठोर आवरण सागरी के पेटों में जमा होता रहता है। इस प्रकार की रचनाओं मिलियनों वर्ष चलती हुई खड़िया एवं छोंपों और सीपियों की चट्टानें देती हैं।

बलनिक उच्चावचन (Orogenesis) की क्रियाएँ उनको समुद्र के घरातल से ऊपर उठाती हैं। ऊँचे तापमानों और दबावों की दशाओं में रहकर चूने की चट्टानें पत्ती हो जाती हैं और अपना ढाँचा बदलते हुए संगमरमर में परिणत हो

जाती हैं। यह कापान्तरित शैल (Metamorphic Rocks) होते हैं (मेटामॉर्फोसिस का अर्थ है रूपान्तरण) समुद्र से ऊपर उठ कर चूने की चट्टानों पुनः पानी, कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैस एवं ऊष्मा का आक्रमण सहन करते हैं और कैल्शियम के भ्रमण का दूसरा अन्तहीन चक्र प्रारम्भ होता है। यही है जिससे प्रकृति में कैल्शियम के चक्र की बात कभी-कभी कही जाती है।

किन्तु स्मरण कीजिये कि कैल्शियम की मात्रा अल्युमिनो-सिलिकेटों के विघटन से प्रारम्भ हुई थी और कैल्शियम फिर लोट कर कभी अल्युमिनो सिलिकेटों का रूप नहीं ग्रहण करता है। इसका अर्थ यह है कि यह क्रिया अनुत्क्रमणीय (Irreversible) होती है और वह जिसे हम साईकिल, चक्र अथवा चरखी वाली क्रिया का नाम देते हैं, केवल सुनिश्चित भौगर्भीय अवधि का ही गुण व्यक्त करता है।

कैल्शियम, इसके अतिरिक्त, कार्बन के चक्र में भी विशाल भूमिका अदा करता है : तलछटी शैलों (Sedimentary Rocks) में पृथ्वी के पपड़े 99.82 प्रतिशत कार्बन विद्यमान होता है जिसका अर्थ है कि वह काफी बड़े अंश में कैल्शियम से ही सम्बन्धित होता है।

यदि यह कल्पना कर ली जावे कि वनस्पति और जोव जगत अपनी जैविक प्रक्रियाओं-प्रज्वलन एवं अन्य क्रियाओं—वायु मण्डल में कार्बन-डाइ-ऑक्साइड को सम्पूत नहीं करेगा तो मौजूदा कुल कार्बन-डाइ-ऑक्साइड को कैल्शियम एवं अन्त घातुओं से संयोजित होने में केवल 1800 वर्ष लगेंगे।

अच्छा, कैल्शियम के गरीब सम्बन्धियों—बेरियम और स्ट्रॉन्शियम—का क्या हाल है ? उनका भाग्य भी कैल्शियम के अनुरूप ही है। ये तत्त्व भी सल्फेटों और कार्बोनेटों के रूप में पानी में अवक्षेपित हो जाते हैं और तलछटी शैलों (Sedimentary rocks) का निर्माण करते हैं। साधारणतः वे भी उन्ही मार्गों का अनुसरण करते हैं जिनका कैल्शियम करता है।

निर्माण करने वाला तत्व

जब मानव ने प्रकृति दत्त सुविधाओं से असंतुष्ट होते हुए अपने लिये प्रस्तरों के आवास-स्थान बनाना प्रारम्भ किया, तो मालूम होता है कि सर्वप्रथम निर्माण करने वाले पदार्थ के रूप में चूने की चट्टानों का प्रयोग किया। पक्कस ही, अन्य कठोर चट्टानों की अपेक्षा चूने का प्रस्तर अधिक मात्रा में प्राप्त होता है और चट्टानों की अपेक्षा अधिक सरलता से कार्य करने योग्य होता है।

मिश्र के प्रख्यात विरामिडों का निर्माण चूने के शिलापट्टों से ही किया गया था। सोवियत संघ के दक्षिण के नगर जैसे मोडेसा, एवपातोरिया,—चूने के पत्थरों

से बनाये गये थे। और मास्को—घ्राप जानते ही हैं कि उसे श्वेत प्रस्तर का नगर इसलिए कहा जाता था क्योंकि उसकी दीवारें मास्कों के निकट प्राप्त होने वाले चूने के पत्थरों से बनी थी।

प्राचीन कालीन प्रस्त्र पत्थरों की एक दूसरे से बगैर किसी पदार्थ की सहायता से जोड़े हुए या चाँधे हुए बनाये जाते थे। जोड़ की दृढ़ता पत्थरों की घिसाई और घादश फिटिंग (Fitting) द्वारा लाई जाती थी। यह कल्पना करना भी कठिन है कि इसे पूरा करने के लिये कितनी चरम निपुणता की आवश्यकता थी। मनुष्य ने बहुत बाद में जोड़ने वाले पदार्थ तैयार करना प्रारम्भ किया है। और इसके लिये भी कैल्शियम ही उसकी सहायता में आया।

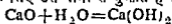
यह प्राकृतिक जिप्सम $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 150°C तक गर्म किया जावे, तो उसका मणिभीकरण जल (water of crystallisation) अंशतः पृथक हो जावेगा। प्राप्त होने वाला हाइड्रेट जिसमें मणिभीकरण जल की मात्रा कम हो जाती है, $2\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ पुनः अपने खोये हुए जलीय अंश को लेने की क्षमता रखता है। व्यवहार में इस जले हुए जैसा कि उसे कहा जाता है जिप्सम अथवा सिलखड़ी (ग्लावास्टर) को पानी में घंघोलते हैं, और प्राप्त होने वाला पदार्थ प्लास्टर आदि के कामों में जुड़ाई करने वाले पदार्थ के रूप में इस्तेमाल होता है। जितनी ही अधिक मात्रा में पानी मणिभीय हाइड्रेट के अणु में प्रवेश कर जाता है उतनी ही अधिक मात्रा में पदार्थ में दृढ़ता आती है।

यदि जिप्सम को 500°C से ऊपर गर्म किया जावे तो वह पूर्णतः निर्जलित (dehydrated) हो जावेगा और पुनः जलीय अणुओं को अपने में लेने की उसकी क्षमता समाप्त हो जावेगी। इसलिए ऐसे जिप्सम को मृतः जिप्सम की संज्ञा दी गई है। यदि उसे गर्म करना जारी रखा जाये तो 1000°C पर और उसके ऊपर एक नया जुड़ाई करने वाला पदार्थ बनता है जिसे हाइड्रैलिक जिप्सम (hydraulic cement) के नाम से पुकारा जाता है। यह अत्यन्त जटिल पदार्थ होता है। इतने ऊँचे तापमान पर टेम्पेरिंग करने से न केवल उससे जलपूर्ण रूप से निकल जाता है बल्कि अंशतः सल्फूरिक ऐनाहाइड्राइड भी निकल जावेगा जो जलीय अंश की अपेक्षा अणु से अधिक शक्ति से जुड़ा होता है। इस समय ऐसा लवण प्राप्त होता है जिसमें मूल कैल्शियम-ग्लावाइड की मात्रा एसिडिक ग्लावाइड SO_3 की मात्रा से अधिक हो जाती है। साधारण CaSO_3 लवण अब नहीं रह जाता है उसकी मूल बनावट का निकटतम फार्मूला निम्न प्रकार दिया जा सकता है : $\text{Ca SO}_4 \cdot \text{Y CaO}$

यदि हाइड्रैलिक जिप्सम में पानी डाला जाये तो वह पुनः पानी से संयुक्त हो कर मूल CaSO_4 लवण बनायेगा। इस प्रकार बनने वाले मणिम एक दूसरे से अन्तर्स्थान करते हुए अत्यन्त दृढ़ पदार्थ बनाते हैं, जिस पर पानी का कोई

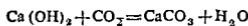
प्रभाव नहीं पड़ता है। (प्राखर उसे 'हाइड्रालिक-जिप्सम' प्रकारण ही नहीं कहा गया है)। तापमानों के कम्पनो (vibrations) का भी उस पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। यह जुड़ाई करने वाला पदार्थ मनुष्य को प्रति प्राचीन काल से ज्ञात है। मिश्र में भव से 4 हजार वर्ष पूर्व इसका प्रयोग किया जाता था।

मानव प्राचीन काल से चूने का भी प्रयोग जुड़ाई करने वाले पदार्थ के रूप में करता आया है। हमारे समय में प्रतिवर्ष दसियों मिलियन टन चूना व्यय होता है चूना तैयार करने के लिए बड़ी-बड़ी भट्टियों में चूने के पत्थरों को लगभग 900°C के तापमान पर जलाया जाता है। चूने को जुड़ाई करने वाले पदार्थ में परिणत करने के लिए उसे पानी से बुझाते हैं।

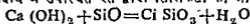


यदि पानी बहुतायत में डाल दिया जाता है तो 'चूने का पानी' बन जाता है। यदि उसमें रेत मिलाते हैं और इस प्रकार मिलाने वाला पदार्थ (कारीगर इसे गारा कहते हैं) भवन-निर्माणों में पत्थरों और ईंटों के जोड़ने के लिए इस्तेमाल किया जाता है।

इस पदार्थ में किस प्रकार पकड़ने की शक्ति एवं दृढ़ता पैदा होती है? इस कार्य में वायुमण्डलीय कार्बन-डाई-आक्साइड का भवशोषण मुख्य भूमिका प्रदा करता है।



अंशतः पदार्थ में उपस्थित रेत द्वारा सिलिकेटों का भी निर्माण होता है :



यह समझ लेना आसान है कि क्यों चूने के गारे में कठोरता धीमे-धीमे प्राप्ती है : एक तो वायु में अधिक मात्रा में इकट्ठा CO_2 नहीं मिल पाती है, दूसरे, जो अधिक मुख्य है यह है कि कार्बन-डाई-आक्साइड के भवशोषण के साथ पानी उन्मुक्त होता है जिसके सूखने के लिए काफी समय चाहिए। यह सही है कि कठोर हो जाने के बाद भी चूने की दृढ़ता बहुत ऊँची नहीं होती है।

हमारे समय के सर्व-प्रमुख जुड़ाई करने वाले पदार्थ, सीमेंट में ये कमियाँ नहीं होती हैं। यह मूलतः सिलिकेटों अथवा अल्यूमिनेटों का मिश्रण होता है। सीमेंट बनाने के लिये चूने के पत्थर (CaO के स्रोत) तथा मिट्टी (एसिडिक आक्साइडो SiO_2 एवं Al_2O_3 के स्रोत) को कच्चे माल के रूप में इस्तेमाल करते हैं। कच्चे माल को ध्यान पूर्वक महीन कूट लेते हैं और धीमे-धीमे हल्की झुकी हुई, घूमती हुई, भट्टी में डालते हैं जिसमें दूसरी ओर से ईंधन के रूप में कोयले का चूरा या गैस धारावत् प्रविष्ट किया जाता है। ये भट्टियाँ काफी विशाल आकारों की होती हैं—150 मीटर लम्बी और 3.6 मीटर व्यास वाली। ऐसी भट्टियाँ एक घंटे में 23 टन तक सीमेंट दे सकती हैं।

भट्टी में ईंधन जलने के समय तापमान 1500°C तक पहुँच जाता है। प्रारम्भिक मिश्रण धीमे-धीमे सरकता है और जलता है। चूने का पत्थर विघटित होते हुए कॅल्शियम थायसाइड (CaO) बनाता है। कॅल्शियम की थायसाइड मिट्टी के भंगभूत अंशों से प्रतिक्रिया करती है और कॅल्शियम के सिलिकेट एवं मल्यूमिनेट प्रदान करती है। विदलित (Crumpled) उपज-विलङ्कर (Clinker)-को ठंडा करते हैं और पीसते हैं, जिसके बाद हरीतिमा लिये भूरा सीमेंट का पाउडर प्राप्त होता है। इस प्रकार प्राप्त सिलिकेटों की सीमेंट में CaO (लगभग 60 प्रतिशत), SiO_2 (25 प्रतिशत), Al_2O_3 (लगभग 10 प्रतिशत) तथा Fe_2O_3 (लगभग 5 प्रतिशत) होते हैं।

कभी-कभी प्रारम्भिक कच्चे माल के रूप में चूने का पत्थर न लेकर जिप्सम के साथ कार्बन और ग्राम तौर से मिट्टी (clay) मिलाकर प्रयोग करते हैं। इस मिश्रण को भी जलाने से सीमेंट प्राप्त होती है किन्तु निकलने वाली गैसों में गंधकीय (सल्फर-डाइ-थायसाइड गैस) होती है जो जिप्सम से बनती है और जो साथ ही साथ उसी समय सल्फूरिक एसिड (गंधकीय अम्ल) के बनाने में इस्तेमाल की जा सकती है।

प्राधुनिक भवन-निर्माण में सीमेंट की बहुत बड़ी मांग है। सब से पहले : उसे पानी से मिलाये जाने पर अच्छी पकड़ देनी चाहिये। किन्तु, यह पकड़न, 'सात्कालिक' भी नहीं होनी चाहिये क्योंकि गारे को काम करने वाले स्थान तक ले जाना और वहाँ उसे लगाना आवश्यक होता है। तकनीकी परिस्थितियाँ अनुबन्धित करती हैं कि सीमेंट का कठोर होना गारा बनाये जाने के 45-60 मिनट के बाद प्रारम्भ होना चाहिये। यह भी अनुमति नहीं दी जा सकती है कि क्रिया बहुत विलम्ब से चले। यदि पकड़न 12 घंटों में आ जाती है तो इसे साधारण दशा माना जाता है, इसके बाद आगे भी पदार्थ की दृढ़ता बढ़ती रहती है।

सीमेंट की उत्तमता प्रथवा उसकी किस्म निर्धारित करने के लिये लगाये गये (इस्तेमाल किये गये) सीमेंटीय पदार्थ को चार महीने बाद दबाव सहन कराया जाता है। सिलिकेटोय सीमेंटो की अच्छी किस्म 600 किलोग्राम प्रति वर्ग मॅट्री-मीटर तक का बोझ सहन कर लेती है।

सीमेंट के गारे के कठोर होने की क्रिया में भी सिलिघड़ी (ग्लावास्टर) की पकड़न (कठोरता से जकड़ने) की दशाएँ उपस्थित होती हैं। कॅल्शियम सिलिकेट पानी से संयोजित होते हुए कठोर मणिभीय हाइड्रेट बनाते हैं। यहाँ अन्य अधिक जटिल रसायनिक एवं भौतिक रसायनिक परिवर्तन भी उपस्थित होते हैं। यह उल्लेख करना महत्वपूर्ण है कि सीमेंट (उसे पोर्टलैंड सीमेंट भी कहते हैं) के कठोर

होने के लिये यह आवश्यक होता है कि तापमान अत्यधिक नीचा न जाने पावे। यही कारण है कि जड़ों में (अधिक ठंडे देशों में) निर्माण होने वाले भवनों को गर्म रखने के लिए विशेष उपाय काम में लाये जाते हैं।

यदि जलाने के समय प्रयोग की जाने वाली मिट्टी के साथ SiO_2 की थोड़ी मात्रा मिली होती है तो ऐल्युमिना सीमेंट प्राप्त होती है जिसकी बनावट विभिन्न होती है CaO (लगभग 40 प्रतिशत) Al_2O_3 (लगभग 40 प्रतिशत) Fe_2O_3 (10-15 प्रतिशत) और केवल 5-10 प्रतिशत SiO_2 इस सीमेंट में सिलिकेट का अंश प्रमुख नहीं होता है। इसमें कैल्शियम अल्युमिनेट प्रमुख अंश में होता है। यदि प्रारम्भिक कच्चे माल के रूप में इस्तेमाल होने वाली मिट्टी (Clay) में आवश्यकता से अधिक SO_2 मिला होता है तो चार्ज के साथ लोह पाषाण (iron stone) मिला दिया जाता है जिसके फलस्वरूप SiO_2 निकल कर लोहे से संयोजित होता हुआ सिलिकेट बनाता है।

अल्युमिना सीमेंट की अत्यन्त महत्वपूर्ण विशेषता उसकी शीघ्र पकड़न लाने की शक्ति है। इसके अतिरिक्त कैल्शियम अल्युमिनेट $\text{CaO Al}_2\text{O}_3$ का पानी के साथ संयोजन ऊष्मा उन्मुक्त करता है और यह अत्यन्त मूल्यवान गुण हैं। जाड़ों की ऋतु में इस सीमेंट का प्रयोग निर्माण होने वाले भवनों को गर्म रखने के उपायों की आवश्यकता समाप्त कर देता है, गारा बनने के 48 घण्टे बाद ही कठोर होने वाली सीमेंट की दृढ़ता 500-600 किलोग्राम प्रतिवर्ग सेंटीमीटर पहुँच जाती है।

हमारे समय में सीमेंट का महत्व पत्थर और ईंटों के जोड़ने तक ही सीमित नहीं रह गया है। सानी हुई सीमेंट में मिट्टी ककड़, घातु मल मिला देने से स्वतन्त्र निर्माण करने वाला पदार्थ-कंकरीट-तैयार हो जाता है। विशेष यन्त्रों, कंकरीट मिश्रकों (Concrete mixers) द्वारा तैयार किया हुआ मिश्रण कोई भी आकृति बना सकता है। कंकरीट के कारखानों में इस प्रकार, शिलापट्ट, मोटे, बड़े ब्लाक, जटिल पाश्चिकाओं के अंग निर्माण किये जाते हैं। लोह ढांचा (Steel framework) इस्तेमाल करने से कंकरीट की वस्तुओं की यान्त्रिक दृढ़ता बहुत अधिक उत्तम हो जाती है। वर्तमान समय में हमारे देश (सोवियत संघ) के भवन-निर्माण उद्योग द्वारा लोह-कंकरीट की वस्तुयें बहुत अधिक मात्रा में उत्पादित की जाती हैं।

हम बता चुके हैं कि अल्युमिना सीमेंट पकड़न के समय ऊष्मा उन्मुक्त करती है। यह लाभकारी गुण किसी भवत्तर पर बहुत ही अनुपयुक्त सिद्ध होता है। जब गारा पतली परतों में लगाया जाता है तब उस परिस्थिति में ऊष्मा भासानी से तथा समान रूप से बाह्य वायुमण्डल में निकलती रहती है। उदाहरण के लिये, विशाल जल-विद्युत स्टेशन के निर्माण की कल्पना कीजिये। यहाँ

निर्माण होने वाले जल बंध (weir) के बनाने में कंकरीट की विनाश मात्राओं को ढाँचे में कुछ समय तक स्टैक करके रखना पड़ता है। स्पष्ट है कि ऐसे समय उन्मुक्त होने वाली ऊष्मा के निष्कास में रूकावट पड़ जाती है और कंकरीट के अन्दर का तापमान 80°C या इससे ऊपर उठ जाता है। इन रूकावटों में पानी का संयोजन ऐसी तरह से होता है कि हाइड्रॉक्सी-प्रल्यूमिनेट के बड़े मॉलिक्यूल निर्माण होते हैं, जिनसे निर्माण की दृष्टि से तोन घोवाई कम हो जाती है। फिर क्या किया जाये ?

स्मरण कीजिये की प्राकृतिक जिप्सम बहुत ऊँचे तापमान पर जलने जलाने से मृत जिप्सम होता है : किन्तु "मृत" वह केवल जल से व्यवहार करने में होता है। यदि इस जिप्सम का (इसे अन्हाइड्राइट कहा जाता है) $25-30$ प्रतिशत प्रल्यूमिना सीमेंट में मिला दिया जावे तो पानी उपस्थिति में वह कैल्शियम प्रल्यूमिनेट से वास्तविक प्रतिक्रिया करता हुआ लगभग $3 \text{ CaO}, \text{Al}_2 \text{O}_3, 3 \text{ Ca SO}_4, \text{HO}_2$ की रूकावट वाला दृढ़ यौगिक प्रदान करता है। इस प्रतिक्रिया के लिये ऊँचे तापमान की आवश्यकता होती है। प्रल्यूमिना सीमेंट के कठोर होने के समय ऊष्मा उन्मुक्त होती है और जैसा कहा गया है तापमान ऊँचा हो जाता है जो उपरोक्त प्रतिक्रिया के लिये अनुकूल परिस्थिति है। इस प्रकार वह ऊष्मा जो निर्माण की दृष्टि से हानि पहुँचाती, मृत जिप्सम की उपस्थिति में कंक्रीट पदार्थ के भीतर ही उपयोग में आ जाती है। इसके अतिरिक्त, अन्हाइड्राइट-प्रल्यूमिना सीमेंट एक और महत्वपूर्ण गुण प्रकट करता है। वह सागरीय जल में, जिसमें विभिन्न प्रकार के लवण बहुतायत से होते हैं, और, जो इसी कारण से बन्दरगाहों के निर्माणों पर विशेष आक्रमण का प्रभाव डालता है, स्थायी रहता है।

इसलिये कि कंक्रीट के निर्माण दृढ़ हों केवल उन्हें उत्तम सीमेंट से बनाना ही काफी नहीं होता है। सीमेंट को लगाने वाले स्थान पर लगाकर उसे संचनित (Condense) करना भी आवश्यक होता है। अभी कुछ समय पूर्व तक कंक्रीट का यह संचनन केवल हाथों से कुटाई के द्वारा किया जाता था। अब इस कार्य को विशेष प्रकार के कंपन यन्त्रों (vibrators) द्वारा किया जाता है, जो कंक्रीट पदार्थ को अपने कंपन हस्तांतरित करते हुए उसे संचनित होने और बँठने के लिये विवश कर देते हैं।

वर्तमान समय में कंक्रीट की बनी वस्तुओं की माँगों में अत्यन्त विविधता होती है। कुछ समय पूर्व से गृह-निर्माण में फोमल कंक्रीट (foamed concrete) का उपयोग किया जाने लगा है, जिसके तैयार करने में विशेष तरीकों से अधि-

कठम छिद्रल (Porosity) रखने वाला पदार्थ प्राप्त किया जाता है। ऐसे पदार्थ की बनी चट्टानें ऊष्मा और ध्वनि की कुसंवाहक होती हैं। रेशेदार मैगनीशियम सिलिकेट-ऐस्बेस्टास से मिली हुई सीमेंट की सहायता से मूल्यवान छत पाटने का पदार्थ बनाना सम्भव हो सकता है, जिससे पतली हल्की छत की चट्टानें (Roofing Slates) तैयार की जाती हैं। इस प्रकार की ऐस्बो-सीमेंट से विभिन्न प्रकार के पाइप भी बनाये जाते हैं। ऐस्बो-सीमेंट की चीजें बनाने में इस समय सोवियत संघ संसार में प्रथम स्थान रखता है और हर प्रकार की सीमेंटों के उत्पादन में सोवियत संघ तेजी से सर्वांगीण पूंजीवादी देशों को पकड़ रहा है।

जीवों के शरीर में कैल्शियम

“भवन-निर्माण का तत्व” (कैल्शियम) विभिन्न जीवधारियों के जीवन में भी महत्वपूर्ण भूमिका प्रदा करता है।

यदि अधिकांश निम्न श्रेणी के जीवों के कठोर कवच के निर्माण का सर्वाधिक प्रचलित तत्व कैल्शियम कार्बोनेट है, तो ऊंची श्रेणी के जीव अपने हड्डी के कठोर ढाँचे के निर्माण में कैल्शियम फास्फेट $Ca_3(PO_4)_2$ का उपयोग करते हैं। मानव-शरीर में इस पदार्थ का अंश भार के अनुपात से लगभग तीन प्रतिशत होता है।

कहा जा सकता है कि यह कोई बहुत अधिक मात्रा नहीं है किन्तु जरा हड्डी-विहीन मानव की कल्पना कीजिये, तो आपकी प्रकृति की सर्वोत्कृष्ट रचना के स्थान पर एक मानवाकार जेली मछली (Jelly-fish) प्राप्त होगी—यह है “इन तीन प्रतिशत” का महत्व ! पर यह जेली किश भी अपमान योग्य नहीं है क्योंकि वह उन पोलियों की निकटतम सम्बन्धी होगी जो सागरों एवं महासागरों में नाविकों का भय यानी मूंगा की चट्टान-निर्माण करते हैं।

कैल्शियम की कमी होने से ढाँचे की दृढ़ता में कमी आ जाती है, अस्थि भंग का भय उत्पन्न हो जाता है, मुँगियाँ छिलका विहीन भण्डा देने लगती हैं। इसीलिये जीवों के भोजन में पर्याप्त मात्रा में कैल्शियम रखने वाले लवण होना आवश्यक है। पशु-पालन में चारा के रूप में पिसी हुई चाक या हड्डियों का तैयार किया हुआ चूर्ण, जिसमें कैल्शियम फास्फेट होता है, दिया जाता है।

कैल्शियम की भूमिका शारीरिक निर्माण में केवल हड्डियों के बनाने तक ही सीमित नहीं होती है। कैल्शियम-आयन रक्त में रहते हैं, जो हृदय की सक्रियता को बल देते हैं : रक्त में कैल्शियम आयनों का अभाव धीमे-धीमे हृदय गति रोक देता है।

कैल्शियम विहीन रक्त वायु में घबका बनाने (Coagulation) की

पूर्णतः खो देता है। कॅल्शियम के प्रभाव में केन्द्रीय तन्त्रिका केन्द्र (Central Nervous System) की सक्रियता भी भंग हो जाती है। वनस्पतियों के शरीरों की रचना में कॅल्शियम विशेष रूप से आवश्यक होता है। इसलिये इसमें कोई आश्चर्य नहीं है कि दूध में कॅल्शियम सबसे बहुत अधिक मात्रा में रहते हैं।

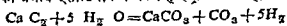
यह ज्ञात हुआ है कि कुछ मोलस्क प्राणी (Shellfish) केवल अपने कठोर बाह्य कवच बनाने के समय ही कॅल्शियम कार्बोनेट नहीं संग्रहित करते हैं बल्कि वे अपनी त्वहों के भीतर किसी प्रकार या जाने वाले विदेशीय (alien) पदार्थों (उदाहरण के लिये रेत के छोटे कण) के चारों ओर भी कॅल्शियम कार्बोनेट मोती के रूप में संग्रह करते हैं। यह कौतूहल-जनक है कि मानव शरीर में भी बाहर से मुक्ता शुक्ति (Pearl oyster) में कार्बोनेट की त्वहें बनाने की भाँति ही क्रिया हो सकती है। इस प्रकार ट्यूबरकुलोसिस (क्षय रोग) रोग से प्रभावित स्नान का कैल्सीकरण (Calcification) उपस्थित होता है। दिल की कुछ बिमारियों में उसके चारों ओर के मांस तन्तु भी कैल्सीकृत भी हो सकते हैं, जिससे हृदय एक घने कवच से ढक जाता है।

कॅल्शियम की अन्य विशेषतायें

कॅल्शियम केवल निर्माता ही नहीं है। औद्योगिक एवं राष्ट्रीय व्यवस्था में कुल मिलाकर, किसी ऐसे विभाग को बताना कठिन है, जिसमें कॅल्शियम का कोई न कोई योगिक मनुष्य के काम में न आता हो। उदाहरण के लिए, कॅल्शियम ग्रावसाइड और कार्बन के मिश्रण को विजली की मट्टी में खूब तेज, लाल गर्म करने से महत्वपूर्ण तकनीकी उपज, कॅल्शियम कार्बाइड मिलता है: $\text{CaO} + 3\text{C} = \text{CaC}_2 + \text{CO}$ जब वह पानी से प्रतिक्रिया करता है तो एसीटिलीन (acetylene) बनता है, $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{H}_2$

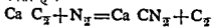
पहले एसीटिलीन को प्रकाश प्राप्त करने के लिए केवल ईंधन के रूप में प्रयोग किया जाता था। जब एसीटिलीन के जलाने के लिए वायु का प्रयोग न करके शुद्ध ग्रावसाइड का प्रयोग होने लगा जिससे लोहा का तापमान तीन हजार डिग्री तक हो जाता है, तब एसीटिलीन वर्नों को घातुओं के काटने और भलाई (welding) करने में प्रयोग करने लगे। प्रसिद्ध रूसी रसायन बंजानिक ए. ई. फावोस्की के शोधनों के फलस्वरूप एसीटिलीन के लिए रसायनिक उद्योग में विस्तृत मार्ग खुल गया।

दिलचस्प बात यह है कि ऊँचे तापमान पर कॅल्शियम-कार्बाइड पर जलीय-वाष्प का प्रभाव एसीटिलीन न देकर हाइड्रोजन देता है,



इस विधि से तकनीकी उद्देश्यों के लिए हाइड्रोजन का उत्पादन किया जा सकता है।

कैल्शियम कार्बाइड, वायु की नाइट्रोजन से संयोजित होते हुए सियानामाइड बनता है।



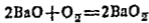
इस योगिक का भी प्रयोग विस्तृत रूप से किया जाता है। पहली बात यह है कि सियानामाइट का निर्माण ही प्रथम ढंग है जिसके द्वारा वायुमण्डलीय नाइट्रोजन को मनुष्य अपने उपयोग में बाँध सका। पानी की वाष्प के प्रभाव से सियानामाइड अपनी नाइट्रोजन अमोनिया के रूप में ही उन्मुक्त कर देता है। यह क्रिया सियानामाइड के मिट्टी में मिला देने पर भी धीमे-धीमे चलती रहती है; $\text{Ca CN}_2 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{CaCO}_3 + 2\text{NH}_3$ यह सियानामाइड को सीधे खाद के रूप में प्रयोग किये जाने की अनुमति देता है। सियानामाइड से एक अधिक मूल्यवान पदार्थ—यूरिया—प्राप्त किया जा सकता है, जो प्लास्टिक उद्योग में और खाद के रूप में भी प्रयोग किया जाता है, तथा पशु-पालन में ऐल्ब्यूमीन युक्त चारे का काम देता है। सियानामाइड का एक और अद्भुत उपयोग कृषि में किया जाता है। यदि कपास के खेतों को इस पदार्थ से उपचरित (treat) किया जाता है तो पीछे पत्तियाँ छोड़ देते हैं। इससे कपास को मर्शानों से काटने व इकट्ठा करने का रास्ता खुल जाता है।

उद्योगों में चूने का विस्तृत रूप से प्रयोग होता है। सोडा, ब्लिचिंग पाउडर पोटेशियम-क्लोरेट के उत्पादनों तथा खेती में हानिकारक कीटों को मारने के लिए रसायनिक-विष के उत्पादन में चूने का प्रयोग किया जाता है।

कैल्शियम के अधिकांश लवण पानी से संयोजित होते हुए मणिभीय हाइड्रेट बनाते हैं। कैल्शियम-क्लोराइड में यह गुण बहुत स्पष्ट रूप से प्रगट होता है। वह जल के छः अणुओं तक से संयोजित हो सकता है। इसलिये कैल्शियम-क्लोराइड बहुत ही आर्द्रतावशोपी (hygroscopic) पदार्थ होता है। वह बड़ी तेजी से वायुमण्डल या कार्बनिक विलायकों में उपस्थित नमी को सोख लेता है। इसीलिये उसका उपयोग जल-अवशोषक के रूप में किया जाता है। इस लवण के उपयोग का सबसे महत्वपूर्ण क्षेत्र ठंडे मिश्रणों (Cold mixtures) के तैयार करने में है। 32.5 प्रतिशत कैल्शियम क्लोराइड का घोल— 51°C (ऋण इक्वावन अंश सेंटीग्रेड) पर जमता है। इस लवण में तर किये काष्ठ-पदार्थ प्रदाह्य बन जाते हैं। कैल्शियम क्लोराइड महत्वपूर्ण औषधि भी है।

काँच की लगभग सभी किस्मों की रचना में कैल्शियम रहता है, विन्दु साधारण शीशा केवल किरणों का न्यूनाधिक सीमित वर्ण पट ही बनने से

बेरियम की साधारण बेरियम-क्वाक्साइड के प्रतिरक्त बेरियम पर क्वाक्साइड बनाने की क्षमता भी एक उपयोगी गुण है । तकनीक में इस यौगिक को बेरियम क्वाक्साइड से होकर 600°C के तापमान पर वायु की धारा निकलने की क्रिया द्वारा प्राप्त किया जाता है ।



बेरियम-पर-क्वाक्साइड पर जल के प्रभाव से हाइड्रोजन-पर-क्वाक्साइड प्राप्त किया जाता है ।

$\text{BaO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ 600° सेंटीग्रेड के तापमान से ऊपर गर्म होने पर बेरियम-पर-क्वाक्साइड विघटित हो जाता है और क्वाक्साइड उन्मुक्त करता है ।

$2\text{BaO}_2 = 2\text{BaO} + \text{O}_2$ क्षारीय मिट्टी वाले तत्वों के सल्फाइड स्फुर दीप्त (Phosphorescent) पदार्थों की रचना में रहते हैं । इन धातुओं के गन्धक से यौगिक, जिनमें धातु के एक परमाणु के साथ गन्धक का एक अणु नहीं, कई अणु रहते हैं (बहुसल्फाइड Polysulphid) चमड़े के उद्योग में चमड़े से बाल धलंग करने के लिए काम में लाए जाते हैं ।

कास्मास में कैल्शियम

हमने और आपने देखा है कि कैल्शियम पृथ्वी की सबसे महत्वपूर्ण पदार्थों में एक है । पृथ्वी पर गिरने वाले उल्का पिण्डों के अध्ययन हमें विश्वास दिलाते हैं कि हमारा ग्रह ही इसके लिए कोई भववाद नहीं है, दूसरे प्राकाशीय पिण्डों में भी कैल्शियम मौजूद है । उल्का-पिण्डों के प्रस्तरों के विश्लेषणों ने प्रगट किया है कि उनमें बहुत काफी कैल्शियम की मात्रा (औसतन 1.8 प्रतिशत) होती है ।

कैल्शियम अपनी उपस्थिति ब्रह्माण्ड में और तारों के जगत्तों के वर्णपट्टों (Spectrums) के अध्ययन के समय प्रगट करता है । कैल्शियम के परमाणु सौर ज्वालाओं (Solar prominence) और अनेक तारों में मौजूद हैं । वे दूसरे हल्के तत्वों के साथ अन्तर्निक्षिप्त प्राकाश को भरते हैं । इस परिस्थिति ने ज्योतिष शास्त्रियों के हाथ में दूरस्थ नक्षत्रों की दूरी ज्ञात करने का एक अस्त्र प्रदात किया है ।

कुल जलते हुए गर्म पिण्ड अपनी किरणों का वर्णपट्ट देते हैं, जिसमें उस पदार्थ में विद्यमान तत्वों की चमकदार रेखाएँ अलग-अलग प्रगट हो जाती हैं । पर यदि विकिरण के स्रोत तारा तथा स्पेक्ट्रोस्कोप के मध्य उन्हीं तत्वों में से कोई

निकलने देता है। (अल्ट्रावायलेट (पारजंबु) रश्मियों को वह लगभग बिल्कुल ही नहीं निकलने देता है। काट'ज शीशा में यह कमी तो नहीं होती है पर वह वर्ण पट की इन्फ्रा-रेड (अवरक्त) किरणों को रोक लेता है। प्रकाश सम्बन्धी यन्त्रों के बनाने के लिये फ्ल्यूरोइट (Fluorite) - कैल्शियम फ्लोरोइड-की पारदर्शी किस्में बड़ी महत्वपूर्ण होती हैं। ये अल्ट्रावायलेट एवं इन्फ्रारेड दोनों रश्मियों को अपने से निकलने देती हैं।

यह केवल संयोग नहीं है कि हमने अभी तक घातु-कैल्शियम के बारे में कुछ नहीं कहा है। इस हल्की चमकदार घातु को वैज्ञानिकों द्वारा शुद्ध रूप में प्राप्त किये जाने के समय से अब तक लगभग डेढ़ शताब्दी बीत जाने के बावजूद कैल्शियम का प्रयोग मूलतः योगियों के रूप में ही होता है। अजल कैल्शियम फ्लोरोइड का विद्युत् विश्लेषण करके घातु कैल्शियम प्राप्त की जाती है। उसका थोड़ा उपयोग घातु-उद्योग में होता है। अपनी विशेष सक्रियता के कारण जब वह गले हुए घातु में डाला जाता है तो वह घातु में उपस्थित मिलावटों से जिनमें गैस भी सम्मिलित होती है, तेजी से संयोजित हो जाता है और इस प्रकार घातु की गुणावस्था (quality) को उत्तम बनाता है।

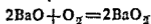
भाइयों का योगदान

स्ट्रॉन्शियम, एवं कैल्शियम के योगिकों का प्रयोग आतिशबाजी (pyrotechnic) में किया जाता है। स्ट्रॉन्शियम रक्तिम बेरियम हरे और कैल्शियम लाल नारंगी वर्ण की लौ देता है। इसी गुण को रसायनिक विश्लेषण के समय इन तत्वों की खोज करने के लिए भी प्रयोग किया जा सकता है।

यदि सल्फूरिक अम्ल या उसके लवणों को रखने वाले घोल में बेरियम-फ्लोरोइड मिलाया जावे तो तुरन्त श्वेत अविलेय बेरियम-सल्फेट अवक्षेपित हो जाता है, जिसके तोलने से प्रारम्भिक घोल में उपस्थित सल्फेट आयनों की मात्रा प्राप्त की जा सकती है।

बेरियम-सल्फेट को श्वेत रंग के रूप में रंगने में भी काम लेते हैं। एक्सरे तकनीक और चिकित्सालयों में, इसका उपयोग प्रतिनिर्देशक पदार्थ (Contrasting material) के रूप में किया जाता है, उदाहरण के लिए प्रामाशय का अनुसन्धान करने के लिए रोगी को बेरियम-सल्फेट का मलीदा दिया जाता है। और चूँकि बेरियम एक्सरे विकिरण को अंशतः अवशोषित कर लेता है प्रामाशय की दीवारें दृश्यमान हो जाती हैं। यह जान लेना महत्वपूर्ण है कि इस लवण का ज्वीय शरीर पर कोई कुप्रभाव नहीं होता है, जबकि बेरियम के घुलनशील लवण अत्यन्त विषले होते हैं, इस प्रकार बेरियम-फ्लोरोइड, को पीछों के हानिकारक कीटों का नाश करने के लिए प्रयोग किया जाता है।

बेरियम की साधारण बेरियम-ब्राक्साइड के प्रतिरिक्त बेरियम पर ब्राक्साइड बनाने की क्षमता भी एक उपयोगी गुण है। तकनीक में इस यौगिक को बेरियम ब्राक्साइड से होकर 600°C के तापमान पर वायु की धारा निकलने की क्रिया द्वारा प्राप्त किया जाता है।



बेरियम-पर-ब्राक्साइड पर जल के प्रभाव से हाइड्रोजन-पर-ब्राक्साइड प्राप्त किया जाता है।

$\text{BaO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{O}_2$ 600° सेंटीग्रेड के तापमान से ऊपर गर्म होने पर बेरियम-पर-ब्राक्साइड विपाटित हो जाता है और ब्राक्सीजन उन्मुक्त करता है।

$2\text{BaO}_2 = 2\text{BaO} + \text{O}_2$ धारीय मिट्टी वाले तत्वों के सल्फाइड स्फुर दीप्त (Phosphorescent) पदार्थों की रचना में रहते हैं। इन धातुओं के गन्धक से यौगिक, जिनमें धातु के एक परमाणु के साथ गन्धक का एक अणु नहीं, कई अणु रहते हैं (बहुसल्फाइड Polysulphid) चमड़े के उद्योग में चमड़े से बाल अलग करने के लिए काम में लाए जाते हैं।

कास्मास में कैल्शियम

हमने और आपने देखा है कि कैल्शियम पृथ्वी की सबसे महत्वपूर्ण पदार्थों में एक है। पृथ्वी पर गिरने वाले उल्का पिण्डों के अध्ययन हमें विश्वास दिलाते हैं कि हमारा ग्रह ही इसके लिए कोई अपवाद नहीं है, दूसरे आकाशीय पिण्डों में भी कैल्शियम मौजूद है। उल्का-पिण्डों के प्रस्तरों के विश्लेषणों ने प्रगट किया है कि उनमें बहुत काफी कैल्शियम की मात्रा (औसतन 1.8 प्रतिशत) होती है।

कैल्शियम अपनी उपस्थिति ग्रहाण्ड में और तारों के जगत्तों के वर्णपट्टों (Spectrums) के अध्ययन के समय प्रगट करता है। कैल्शियम के परमाणु सौर ज्वालामयों (Solar prominence) और अनेक तारों में मौजूद हैं। वे दूसरे हल्के तत्वों के साथ अन्तर्क्षत्रिय आकाश को भरते हैं। इस परिस्थिति ने ज्योतिष शास्त्रियों के हाथ में दूरस्थ नक्षत्रों की दूरी ज्ञात करने का एक अस्त्र प्रदात किया है।

कुल जलते हुए गर्म पिण्ड अपनी किरणों का वर्णपट्ट देते हैं, जिसमें उस पदार्थ में विद्यमान तत्वों की चमकदार रेखाएँ अलग-अलग प्रगट हो जाती हैं। पर यदि विकिरण के स्रोत तारा तथा स्पेक्ट्रोस्कोप के मध्य उन्ही तत्वों में से कोई

भी ठंडी अवस्था में मौजूदा होता है तो वह ठीक उसी तरंग दीर्घता के प्रकाश का अवशोषण करने लगता है, जो वह स्वयं गर्म होने की अवस्था में विकीर्णित करता है। विकिरण के वर्णपट की घनकदार धारी के स्थान पर अवशोषण से उत्पन्न काली धारी प्रगट हो जाती है। जितनी ही अधिक संख्या में तत्व के ठण्डे परमाणु प्रकाश की धारा से मिलते हैं उतनी ही अधिक अवशोषण की धारी काली होगी। यदि यह मान लिया जाये कि कैल्शियम के परमाणु अन्तर्देशीय धाकाश में घीसतन समान रूप से वितरित हैं, तो अवशोषण की देखायें उतनी ही अधिक काली होंगी जितनी अधिक तारे की दूरी पर्यवेक्षक से होगी।

इस प्रकार कैल्शियम ने विज्ञान की एक और अच्छी सहायता की। इसमें सन्देह नहीं की हम जितना ही अधिक प्रागे जायेंगे उतना ही अधिक घ. ए. फेर्मान के शब्दों में "विश्व के सर्वाधिक सक्रिय एवं गतिशील परमाणुओं में से एक" कैल्शियम के बारे में जानकारी प्राप्त करेंगे। यकीनन कैल्शियम इस समय भी ज्योतिष की अनेकों सेवायें करता है। किन्तु इसमें सन्देह नहीं है—और ज्योतिष-शास्त्री भी इस बात में हमसे सहमत हैं—कि पहले की भांति प्रागे भी उसकी सबसे बड़ी और लाभकारी सेवा हमारे घर पर ही होगी। यह कम महत्व की बात नहीं है कि इसी कैल्शियम तत्व की बदौलत ही मनुष्य पृथ्वी पर बढ़ता से खड़ा है।

आधारों का आधार

५

कभी वैज्ञानिक कार्बन का साधारण इतिहास लिखेंगे। उस तत्व का इतिहास जिसके बिना पृथ्वी पर, घोर हो सकता है दूसरे ग्रहों पर भी, जीवन सोचा ही नहीं जा सकता है। किन्तु उसकी जीवनी का एक तथ्य कदाचित् ही कभी विश्वास के साथ प्रतिपादित किया जा सके। यह उत्तर कोई नहीं दे सकता कि आज से कितने हजार पूर्व आदिम मानव ने सर्व-प्रथम कार्बन से परिचय प्राप्त किया था। सम्भवतः जब उसने प्रकृति से अग्नि प्राप्त करने का रहस्य छिना। यह रसायनिक तत्व उसके सामने प्रथम भलाव के जलते हुये कोयले के रूप में आया।

गहरे अतीत में कार्बन के सबसे निकटवर्ती भाई सिलिकन के चिन्ह भी सुप्त हो जाते हैं। अपने स्वतन्त्र रूप में सिलिकन कुछ कम डेढ़ सौ वर्ष पूर्व प्राप्त किया गया था। पर उसके योगिकों से मानव का परिचय हमारे युग से अनन्त काल पूर्व उस समय हो चुका था जब उसने अपने हाथ में परस्पर का कुल्हाड़ा उठाया था।

यदि कार्बन ने पृथ्वी पर कार्बनिक जैविक-शरीरों की सृष्टि की, तो सिलिकन ने अकार्बनिक जगत का आधार, पृथ्वी पर प्राप्त होने वाले खनिज और कच्ची धातुओं की है। एक शब्द में उसे 'पृथ्वी की कठोरता' को आधार भूत सीमेन्ट कहा जा सकता है। प्रकृति की सृष्टि की विलक्षण मनमौज के अनुसार कार्बन और सिलिकन तत्वों के देश के मानचित्र एक ही मध्यान्ह (Meridian) रेखा में पड़ते हैं। मेदेलीफ की आवर्त सारिणी के चौथे वर्ग में पड़ते हैं।

जीवन का मुख्य तत्व

प्रथम दृष्टि में कितना ही विरोधाभासी (Paradoxical) क्यों न लगे, पृथ्वी के पपड़े में दूसरे तत्व की तुलना में कार्बन का अंश कम है—कुल तत्व 0.14 प्रतिशत। यह आक्सीजन, सिलिकन, अल्युमिनियम, सोडियम, मैगनीशियम पथवा लौह की मात्रा से बहुत कम है किन्तु यह आसानी से अनुमान किया जा सकता है कि यदि हमारे ग्रह से कुल कार्बन का अंश निकाल दिया जावे तो स्वरूप क्या होगा। कुल जीवन चूने के प्रस्तरों से निर्मित पर्वत श्रेणियाँ एवं पठार गायब हो जायेंगे। पृथ्वी मृत मरुभूमि में परिणत हो जायेगी। न कोयला होगा, न मिट्टी का तेल होगा, और जलवायु भी अत्यन्त कठोर हो जायेगी।

एक ही तीन सूरतों में

पृथ्वी के घरातल पर कार्बन यौगिकों के रूप में तथा स्वतन्त्र रूप में प्राप्त होता है स्वतन्त्र कार्बन तीन अपरूपों-(Allotropic Modifications) में प्राप्त होता है। अपरूपता (Allotropism) अर्थात् सारणी के धातु और अधातु दोनों प्रकार के तत्वों में काफी अधिक पाई जाती है। एक ही तत्व के परमाणु विभिन्न प्रकार की मणिभीय जालियों के ढाँचे बनाते हुए रह सकते हैं। ऐसी दशा में तत्व के विभिन्न स्वरूपों को उसके अपरूप कहा जाता है।

कार्बन के तीन अपरूप होते हैं हीरा, ग्रेफाइट तथा अमणिम (Amorphous) कार्बन (अर्थात् कज्जल अथवा लकड़ी का कोयला) इनमें सबसे विरल (Rare) किन्तु सबसे बिलक्षण अपरूप हीरा है। शुद्ध हीरा पारदर्शी रंग हीन, अत्यन्त चमकीला होता है। मिलावटों से हीरे में प्रायः विभिन्न रंग आ जाते हैं, काला हीरा भी प्राप्त होता है वह कार्बन के दूसरे अपरूप ग्रेफाइट द्वारा अधिकता में गन्दा किया जाता है। हीरे की महाकठोरता मनुष्य को कुछ हजारों वर्षों से ज्ञात है और प्रकृति में उससे अधिक कठोर अन्य पदार्थ नहीं है।

बोर अजोन (बोनाइट) को छोड़कर हीरे के उपरूप (Substitute) के रूप में प्रयोग किये जाने वाले कुल जात खनिजों एवं कठोर अत्वायों से हीरा 4-5 गुणा अधिक कठोर होता है। हीरे की छेनी, कठोरतम अत्वाय की छेनी की अपेक्षा एक हजार गुना अधिक समय तक बगैर खाँचे बनवाये हुए (without grooving) काम करती है। इसी कारण हीरे की छेनिया तकनीक के अनेक क्षेत्रों में अनिवार्य हैं। यदि पृथ्वी में सुराख करने वाले बरमा को मार्ग में कठोर चट्टानें मिल जाती हैं तो हीरा उसकी सहायता करता है। सुराख करने वाले बरमा (Anger) में हीरे का शीप लगा देते हैं। शीप, निस्सन्देह, फीलाद का बना होता है, किन्तु उसकी निचली काटने वाली घरातल पर हीरे के मणिभों के टुकड़े विशेष रूप से जड़े हुए होते हैं। कुछ ही समय पूर्व मोविषत वैज्ञानिकों तथा इन्जिनियरों ने अतिरिक्त गहराइयों (Super depths) तक पृथ्वी में छेद (bore) करने का निश्चय लिया है। वे 15-18 किलोमीटर की गहराइयों तक वेधन करेंगे और पृथ्वी के पपड़े के नये रहस्यों का उद्घाटन करेंगे। हीरे के बरमे की सहायता से वे वेधन करने के मार्ग में पड़ने वाली कठोरतम चट्टानों पर काबू पा सकेंगे।

तकनीक के अनेक विभागों में अभी तक कोई अन्य पदार्थ हीरा का स्थान नहीं ले पाया है। किन्तु रत्न-जटित आभूषणों के रूप में अपने पुराने उपयोग में वह बहुत समय से दूसरे अधिक सस्ते मूल्यवान पत्थरों एवं काँचद्वारा भी प्रतिस्थापित किया जा रहा है क्योंकि आभूषणों में हीरे की महान कठोरता कोई भी भूमिका

नहीं प्रदा करती है, जबकि साधारण काँच प्राकृतिक हीरे की अपेक्षा कहीं अधिक सरलता से तराशा तथा विभिन्न रंगों से सजाया जा सकता है ।

यह सत्य है कि हीरा अत्याधिक शक्ति से प्रकाश को वर्तित (Refract) करता है और उसे विभिन्न रंगों में विपाटित करता हुआ अत्यधिक चमक भी देता है । किन्तु ऐसे प्रस्तर हैं जो इस व्यवहार में हीरे से जरा भी कम नहीं हैं । इसलिये भविष्य ऐश्वर्यशाली हीरे के साथ नहीं है, जिसमें हीरे का लगभग दो तिहाई भाग तराश डाला जाता है, वरन् थ्रमिक हीरे के साथ है, जिसका महत्व इसमें नहीं है कि वह कंसा है—काला है या पीला है या पानी की भाँति पारदर्शी है, वरन् इसमें है कि वह सदैव बढ़ रहा है और आज तक कुल दूसरे पदार्थों पर विजयी रहा है ।

हीरा जैसे कि दूसरे बहुत से उपयोगी खनिजों के विषय में होता है, बुनियादी और सेकण्डरी डिपाजिट (secondary deposits) कहलाने वाले उद्गम क्षेत्रों में प्राप्त होता है । वह विशाल तापमानों और दबावों के अन्तर्गत अत्याधिक गहराईयों में बनता है । कभी-कभी अत्यन्त गहराई में स्थित मैग्मा (शैल मूल) ऊपर की ओर फोड़ कर बाहर निकल आता है और संकरी, ऊपर की ओर फैलती हुई कैम्बरलाइट नलिकाओं के रूप में जम जाता है । इस प्रकार के निकास बहुत पुराने समय से अफ्रीका और ब्राजील में मिलते हैं । कुछ समय पूर्व सोवियत संघ में याकूतिया प्रान्त में भी कैम्बरलाइट में हीरो की औसत प्राप्ति एक टन में एक ग्राम से अधिक नहीं होती है और कठोर चट्टानों को तोड़कर हीरो को निकालना एक कठिन कार्य होता है । प्रायः हीरों को सेकण्डरी डिपाजिट वाले उद्गमों से प्राप्त किया जाता है । वे उसी समय बनते हैं जब बुनियादी उद्गम का ऊपरी भाग टूट कर पानी से घों दिया जाता है ।

वैज्ञानिकों को कृत्रिम हीरा प्राप्त करने में बड़ा परिश्रम करना पड़ा है ।

प्रथम प्रयोग पिछली शताब्दी के अन्त में किए गये । उनमें सफलता नहीं मिली । प्रयोगशालाओं में वही दशायें उपस्थित करना आवश्यक था जो पृथ्वी के गहरे गह्वर में होती हैं : ऊँचा तापमान और विशाल दबाव । इस कारण नई तकनीक निकालने की आवश्यकता पड़ी । 1956 ई. में अंग्रेज वैज्ञानिक कृत्रिम हीरा संश्लेषित करने में सफल हुए । उन्होंने 100 हजार वायुमंडल से ऊपर का दबाव और तीन हजार डिग्री का तापमान प्रयोग किया । 1961 ई. में सोवियत वैज्ञानिकों ने, जो कीव में अत्यन्त कठोर पदार्थों के संश्लेषण के लिए बनाये गये संस्थान के वैज्ञानिक कार्यकर्ता थे, प्रखिल सोवियत कम्युनिस्ट पार्टी की बाइसवी कांग्रेस को उपहार में देने के लिए दो हजार कैरट कृत्रिम हीरा तैयार किया (1 कैरट=0.2 ग्राम) ।

हीरा की विशाल कठोरता का कारण क्या है ? कार्बन के परमाणुओं का पारस्परिक जोड़ विशाल दृढ़ता के लिए प्रसिद्ध है । हीरे में प्रत्येक कार्बन का परमाणु अन्य चार कार्बन के परमाणुओं से जुड़ा होता है जिससे सममितीय चतुष्पाश्र्वीय (symmetrical tetrahedron) आकृति प्राप्त होती है । हीरे के ऊपरी घरातल से एक भी कार्बन का परमाणु विलग करने के लिए कम से कम दो कार्बन-कार्बन के जोड़ों को तोड़ना आवश्यक होगा । इस प्रकार का दृढ़ रसायनिक जोड़, तथा परमाणुओं की पारस्परिक स्थिति, हीरे के मणियों की आश्चर्यजनक कठोरता प्रदान करते हैं ।

किन्तु हीरे की मणिभीय जाली के भीतर केवल उलट फेर कर दीजिए और उसकी दृढ़ता विलीन हो जायेगी । सुन्दर चमकदार हीरे के मणिभ के स्थान पर हमें मुलायम खनिज प्राप्त हो जायेगा । यह है ग्रेफाइट ।

ग्रेफाइट की मणिभीय जाली में भी प्रत्येक कार्बन का परमाणु चार दूसरे कार्बन के परमाणुओं से जुड़ा होता है । किन्तु हीरे की दशा के विपरीत इसमें ये सब परमाणु एक ही समतल में होते हैं । ये पाँच परमाणुओं में समतलीय जोड़ आपस में शिथिलता से जुड़े होते हैं जिससे ग्रेफाइट की पपड़िया आसानी से उधेड़ी जा सकती हैं, उसके अलग-अलग समतल एक दूसरे के साथ-साथ चलते हैं । ग्रेफाइट का यह गुण उसे ठोस ग्रीज (चिकना करने वाला पदार्थ) के रूप में प्रयोग किए जाने की अनुमति देता है ।

ग्रेफाइट का रंग भूरा होता है और वह पूर्ण रूप से अपारदर्शी होता है । वह बिजली का सुसंवाहक है ।

प्रकृति में ग्रेफाइट की पूरी की पूरी खानें मिलती हैं । उसे कृत्रिम रूप से प्राप्त किया जा सकता है । शुद्ध कोयले को कुछ हजार डिग्री तक बर्गर वायु दिये हुए गर्म कीजिए तो ग्रेफाइट प्राप्त होगी । यदि इन्हीं दशाओं में (लगभग 2000°C तापमान पर) हीरा रखा जाये तो वह ग्रेफाइट में परिणत हो जायेगा, यह इस बात का प्रमाण है कि साधारण परिस्थितियों में कार्बन की सबसे अधिक स्थायी बनावट ग्रेफाइट है ।

आधुनिक समय में ग्रेफाइट का बहुत अधिक उपयोग औद्योगिक क्षेत्र में किया जाता है । उससे विभिन्न प्रकार के गतिमान सम्पर्क विद्युत मट्टियों के लिए एलेक्ट्रोड, प्रोजेक्टरों के लिए कोल (Coals), घातुओं के गलाने के लिए खडिया (Crucible) अन्ततः साधारण पेन्सिलों की अन्दर की बत्तियाँ बनाई जाती हैं । किन्तु इन सबसे अधिक शुद्ध ग्रेफाइट का (हजारों टन) उपयोग परमाणविक रीएक्टरों में किया जाता है ।

वैज्ञानिकों ने आज की है कि शुद्ध प्रॉफाइट यूरेनियम के विभाजन (Fission) के समय बनाने वाले न्यूट्रॉनों को लगभग विलकुल ही नहीं ध्वंसोपित करता है, और साथ ही साथ बहुत भली प्रकार उनको धीमा कर देता है। इसके प्रति-रिक्त प्रॉफाइट सस्ता होता है। घासानी से काम में लाया जा सकता है, रीएक्टर के ऊँचे तापमान तथा विकिरणों से भयभीत नहीं होता है। उसके ये सब गुण उसे परमाणविक उद्योग का अनिवार्य पदार्थ बना देते हैं।

कार्बन का तीसरा स्वरूप प्रकृति में साधारण कज्जल तथा पत्थर और लकड़ी के कोयले के रूप में पाया जाता है। यह सच है कि पत्थर का कोयला विलकुल शुद्ध कार्बन नहीं होता है उसकी प्रच्यो किस्म एन्थ्रासाइट (Anthracite) में 95 प्रतिशत से अधिक कार्बन नहीं होता है : शेष भाग मिलावटों का होता है। कार्बन और हाइड्रोजन के योगिक, गंधक और न जलने वाले पदार्थ (सिलिकन के विभिन्न योगिक) जो जलाये जाने पर राख और खंगर (Slag) छोड़ते हैं।

कोयले का उपयोग विस्तृत रूप से धातु उद्योग में कच्चे लोहे (Castiron) को गलाने के लिये किया जाता है। जितनी अधिक ऊँची उत्तमता (Quality) का कोयला होता है उतना ही अधिक शुद्ध ढला लोहा (Castiron) प्राप्त होता है। इसीलिये कोयले को कोक में परिणत करते हुए मिलावटों से मुक्त करने का प्रयत्न करते हैं।

कोयले से कोक तैयार करने के लिये वायुहीन माध्यम में बहुत देर करके करते हैं। उन्हे वाले कार्बनिक एवं गंधक का भाग वाष्प (Vapour) बन जाता है और कोक-गैस बनाते हैं, जो स्वयं भी एक मूल्यवान कच्चा माल है। इन गैसों को जलाने के बाद प्राप्त पत्थर का कोयला कोक कहलाता है और इसे धातु उद्योग में प्रयोग होने के लिये भेजा जाता है।

बहुत धरसे से कच्चे लोहे और फौनाद के रूप में लोहे लकड़ी के कोयले का उपयोग किया जाता था। पहले जब पत्थर के कोयले के लोहे लकड़ी बना सकते थे कुल कच्चा लोहा लकड़ी के कोयले के माध्यम से ही तैयार होता था। इंग्लैण्ड के लगभग कुल धन धातु उद्योग में प्रयोग किया जाने के लिये कोयले में परिणत कर डाले गये।

लकड़ी के कोयले ने गैसों का प्रयोग करनेवाले देशों के देश में ही स्थिति प्राप्त की। यह गुण प्रत्येक देशों में प्राप्त होता है, विशेष लकड़ी (विशेषकर बर्च) का कोयला सबसे अधिक है। लकड़ी के कोयले का यह प्रयोग उच्च तापमान पर वायु के 200 डिग्री सेल्सियस के प्रयोग के लिये किया जाता है। विपैली गैसों (बिचोरेन, कार्बोनिक्स गैस) के इनके कोयले को तैयार किया जा सकता है। इनके अधिक उपयोग होने से ही 1914-15

(gasmask) में जटिल रसायनिक फिल्टरों को प्रतिस्थापित (Substitute) करते हुए लकड़ी के कोयले का सफलता पूर्वक उपयोग किया जाता है।

यदि कोयले को द्रव वायु से ठंडा किया जावे तो उसकी भ्रंशोपण शक्ति लगभग दस गुना बढ़ जाती है। इस गुण का उपयोग प्रयोगशालाओं में वैकुप्रम (शून्यक) प्राप्त करने के लिए किया जाता है। कोयले के ठंडे किये हुए टुकड़े वर्तन में रखे जाते हैं, -जिससे हवा पंप द्वारा निकाल ली जाती है और प्रत्येक टुकड़ा उस नमी और उन गैसों को अपने में पी लेता है जिनको पंप से नहीं निकाला जा सकता है और जिनका निकालना आवश्यक होता है इस बची हुई नमी और गैसों के कोयले के टुकड़ों द्वारा "पों" लिये जाने से वर्तन में शून्यक (vacuum) बढ़ी तीव्रता से बढ़ता है।

इसके अतिरिक्त कार्बन सबसे अधिक कठिनता से गलने वाले पदार्थों में से एक है वह लगभग 3700° सेंटीग्रेड पर गलता है।

रसायनिक दृष्टिकोण से कार्बन कम सक्रिय तत्वों में है। किन्तु वह 'निष्क्रिय' केवल साधारण दशाओं में रहता है। पर्याप्त ऊँचे तापमान उसे बहुत से तत्वों-धातु एवं अधातु-से प्रतिक्रिया करने को बाध्य कर देते हैं।

तीनों अपरूपों में सबसे अधिक सक्रियता अम्लीय कार्बन प्रकट करता है। थोड़ा ही गर्म किये जाने पर वह वायु में कार्बन-डाई-ऑक्साइड (कार्बोनिक एसिड गैस CO_2) बनाता हुआ तेजी से आक्सीजन से संयोजित होता है। यदि प्रज्वलन के समय आक्सीजन अपर्याप्त होती है तो कार्बन मोनोऑक्साइड (CO) प्राप्त होता है। गंधक के साथ कार्बन अत्यन्त महत्वपूर्ण यौगिक, कार्बन सल्फाइड बनाता है, जो चर्बियों, तैलों और रालों का सर्वोत्तम विलायक है। कार्बन के रसायनिक गुणों के बारे में हम आगे भी बतायेंगे।

कार्बन का सबसे महत्वपूर्ण यौगिक

वह न केवल सबसे अधिक महत्वपूर्ण है, बल्कि सबसे अधिक व्याप्त भी है। कार्बन-डाई-ऑक्साइड गैस वायुमंडल में है (0.03 प्रतिशत), नदियों और सागरों के पानी में घुले हुए रूप में है, ज्वालामुखियों के उद्गारों के समय विशाल मात्राओं में निकलती है, और अन्ततः पृथ्वी के गर्म में विद्यमान है। यह अद्भुत बात है कि चीनस (शुक्र) ग्रह में वह पृथ्वी की अपेक्षा अनुलनीय मात्रा में अधिक है।

वायुमंडल से निरन्तर कार्बोनिक एसिड गैस पौधों द्वारा खाई जाकर धार्मिक पदार्थों में परिणत होती रहती है। पौधों को जीव खाते हैं, जो सतत द्वारा कार्बन-डाई-ऑक्साइड निकालते हैं, और इस प्रकार कार्बन पुनः वायुमंडल में पहुँच जाता है। प्रकृति में कार्बन का चक्र चलता रहता है। परन्तु यह चक्र

बहुशाखीय भी होता है। कार्बोनिक एसिड गैस की काफी मात्रा हमारे वायुमंडल में ज्वालामुखी पर्वतों के उद्गारों के समय घाती है। साथ ही महासागरीय जल में कार्बोनेटों के रूप में घुली बहुत सी कार्बोनिक एसिड गैस जीवों द्वारा अपने हड्डी के ढाँचों तथा कठोर भावरणों के बनाने में उपयोग कर ली जाती।

पृथ्वी के इतिहास के पुराने युगों में कार्बन की विशाल मात्राएँ जीवन के चक्र से बाहर निकल कर मोटे तलछटी शैलों (sedimentary rocks) के नीचे कैल्साइट, पत्थर के कोयले और मिट्टी के तेल की तहों के रूप में तहखानों में दफन हो गईं।

पिछली शताब्दी के दौरान मानव ने उपयोगी खनिजों की विशाल मात्राएँ प्राप्त करके उन्हें जलाते हुए वायुमंडल में कार्बन-डाई-आक्साइड की मात्रा में बढ़ाती की है। वायु मंडल में कार्बन-डाई-आक्साइड का अंश इस समय शनः शनः बढ़ रहा है। किन्तु कार्बन-डाई-आक्साइड गैस का उपयोग केवल पौधों के भोजन के रूप में ही नहीं है, वह पृथ्वी को ढकने वाला "कम्बल" भी है। सूर्य की किरणों को, जो पृथ्वी के धरातल को गर्म करती हैं, वह सरलता से भ्राने देता है किन्तु पृथ्वी की ओर से बाह्यान्तरिक्ष की ओर विकीर्णित होने वाली इन्फ्रारेड (अवरक्त) किरणों को वह रोक लेता है। यदि वायु मंडल में कार्बोनिक-एसिड गैस का प्रभाव हो जाये तो हमारे ग्रह की जलवायु बहुत अधिक ठंडी और शुष्क हो जायेगी। इस प्रकार मानव की क्रियाशीलता, जो हमारे वायुमंडल के कार्बन-डाई-आक्साइड गैस CO_2 के अंश को बढ़ाती है, समय के साथ साथ पृथ्वी को अधिक गर्म और नम जलवायु की ओर ले जा रही है।

कार्बोनिक-एसिड गैस इतनी अहानिकर मानव शरीर के लिये नहीं है जितनी कि वह प्रथम दृष्टि में प्रगट होती है। जब वायु में उसकी मात्रा 3 प्रतिशत से अधिक होती है तब वह शरीर पर गम्भीर हानिकर प्रभाव डालती है। 10 प्रतिशत कार्बन-डाई-आक्साइड गैस का सान्द्रण, श्वास क्रिया रोकते हुए, लम्ब-भग तात्कालिक मृत्यु उपस्थित करता है।

दैनिक, जीवन में CO_2 'शुष्क बर्फ' के नाम से उपयोग किया जाता है, जो ठोस (जमा हुआ) कार्बन डाई-आक्साइड होता है। वह ठंडक लाने के लिये प्रयोग होता है। इसका उपयोग विस्फोट के कामों में भी किया जाता है। इस काम के लिये उसे विस्फोटक पदार्थ के ऊपर रखा जाता है। ऊँचे तापमान पर शुष्क बर्फ CO_2 गैस में परिणत हो जाती है और विशाल मात्रा में प्राप्त कर लेती है जिससे विस्फोट की शक्ति बहुत बढ़ जाती है।

काले सोने का आघार

मिट्टी का तेल प्रकृति में मिलने वाले कार्बन में विभिन्न योगिकों का एक जटिल मिश्रण है। यह काला चिकना द्रव होता है जिसकी शुष्नी विशेष गंध

होती है। इसकी रचना में हाइड्रो कार्बन (hydro carbon) तथा अधिक जटिल कार्बनिक यौगिक समाविष्ट होते हैं। मिट्टी का तेल रसायनिक कारखानों में साफ किया जाता है। पहले उसमें से सबसे हल्के घणु बेन्जीन को निकालते हैं, तब उससे भारी घणु किरोसीन को घोर भ्रंत में चिकना गाढा तेल निकालते हैं। जो बच जाता है उसे तेल कहते हैं। यह ईंधन के रूप में फौलाद को उबालने के समय खुले मुंह की मार्टिन भट्टियों में प्रयोग किया जाता है तथा स्टीमरों और विद्युत् स्टेशनों में जलाने (heating) के लिये काम आता है। काले तेल में विद्यमान पदार्थों को विस्फोट, रंग और बानिश के सामान बनाने के काम में लाया जाता है।

प्रायः कहा जाता है कि पृथ्वी के गर्भ में मिट्टी के तेल की पूरी "भोलें" एवं "सागर" भरे हैं। वास्तव में, अधिकतर यह होता है कि सुराख करने पर मिट्टी का तेल चश्मे की भाँति फूट कर बहने लगता है। इस प्रकार का एक चश्मा चीबीस घटों में 100 से 1000 टन तक मिट्टी का तेल निकाल सकता है। किन्तु, वह नीचे टंकियों नुमा तेल भंडारों में कदापि नहीं इकट्ठा रहता है, बरन् स्पंज की भाँति झुंझरीदार चट्टानों में भरा रहता है। और केवल पृथ्वी की ऊपरी परतों और घुली गंती के दबाव से छिद्र मिलने पर स्वयं ऊपर आ जाता है। किन्तु यदि मिट्टी के तेल का दबाव उस संस्तर (Stratum) पर पर्याप्त नहीं होता है तो सक्शन पम्पों द्वारा उसे ऊपर खींचा जाता है। उम दशा में आवश्यक संस्तरीय दबाव, यानी चट्टान की परत में स्थित मिट्टी के तेल का दबाव स्थापित करने के लिये पहले वहाँ का पानी पंप से बाहर गिराया जाता है।

यदि पत्थर के कोयले की व्युत्पत्ति प्राचीन पीघों से होने में वैज्ञानिकों को कोई सन्देह नहीं है, तो मिट्टी के तेल की व्युत्पत्ति के प्रश्न पर वे आज तक एक राय क्यों नहीं हो सके हैं। कुछ अनुसंधानकर्ता, जिनमें मॅडेलीफ भी सम्मिलित है, इस राय के हैं कि मिट्टी का तेल खनिज पदार्थों, तथा पृथ्वी के गर्भ से बहकर धीरे धीरे घातुषों के कार्बाइडो, और पानी से बना है। यदि यह सही है तो मिट्टी के तेल के उद्गम विशेषकर पृथ्वी के पपड़े की दरारों के पास होने चाहिये यानी उन स्थानों पर जहाँ ज्वालामुखी सक्रिय हों किन्तु मिट्टी के तेल के दस हजार ज्ञात उद्गमों में केवल 30 पृथ्वी के पपड़े की दरारों के पास हैं शेष तलछटी शैलों (Sedimentary rocks) में प्राप्त होते हैं, जो कभी मैग्मा (शैल मूल) को छूते तक नहीं।

इसीलिए हम समय अधिकांश वैज्ञानिकों का दूसरा मत है। प्रकटतः मिट्टी का तेल प्राचीन पशु तथा वनस्पति सस्य के अवशेषों से बना है। यदि इस प्रकार

के अवशेष किसी ऐसे माध्यम में पड़ जाते हैं जिसमें आक्सीजन होता है तो वे विघटित होते हुए पत्थर का कोयला निर्माण करते हैं। किन्तु यदि ये अवशेष ऐसे माध्यम में पड़ जाते हैं, जिसमें सुरक्षित कार्बनिक पदार्थों में आक्सीजन का अभाव होता है तो वे मिट्टी का तेल बनाते हैं। इसमें कोयला उसी स्थान पर सुरक्षित पड़ा रहता है जहाँ वह बनता है किन्तु मिट्टी का तेल पृथ्वी के भीतर स्थानान्तरित होता है और फैलते हुए समाप्त हो सकता है यदि उसे संग्रहित होने की अनुकूल दशाये नहीं प्राप्त होती हैं, अर्थात् यदि मुलायम मिट्टी के उन्नत-तोर लेन्स (convex lense) बनाने वाले स्थान नहीं मिलते हैं, जिसमें वह पँवस्त होकर ठहर जाता है।

जब ऊपर स्थित चट्टानों की तहें गैसों के लिए भी अभेद्य होती हैं तो बनने वाले हाइड्रो-कार्बनों (hydro carbons) में सबसे हल्के—मीथेन, ईथेन, तथा प्रोपेन—भी पृथ्वी के गर्भ में संचित हो जाते हैं और प्राकृतिक गैस का उद्गम निर्माण करते हैं, जो सबसे सस्ता और उत्तम रसायनिक कच्चा माल है।

इन्फ्रार्गेनिक (अकार्बनिक) रसायन में कार्बन

योगिकों की विविधता एवं संख्या की दृष्टि से कार्बन मोडेलीक प्रणाली के शेष कुल तत्वों को एक साथ मिलाकर भी बहुत पीछे छोड़ देता है।

हाइड्रोजन, आक्सीजन, नाइट्रोजन, गंधक और फास्फोरस से मिलते हुए, वह प्रकृति में प्राप्त होने वाले एवं प्रयोगशालाओं में संश्लेषित किये जाने वाले लगभग सभी आर्गेनिक पदार्थ निर्माण करता है। बीस लाख से ऊपर कार्बन के योगिक ज्ञात हो चुके हैं और सैद्धांतिक दृष्टि से तो वे अनन्त हैं। वैज्ञानिक नेहमेयानोव की प्रलंकारपूर्ण भाषा में 'आर्गेनिक रसायन की भाषा की बर्णमाला में, कुल छः अक्षर हैं किन्तु उसका शब्द कोप निरन्तर बढ़ रहा है और इस समय भी 100 मोटी जिल्दों में कठिनता से ग्रासा सकता है।'

कार्बन रखने वाले योगिकों की विविधता उसके परमाणुओं की एक दूसरे से घटपन्त हड़ जोड़ बनाने की क्षमता पर निर्भर है। कार्बन के परमाणुओं की बनी शृंखलायें बहुत बड़ी लम्बाई तक जा सकती हैं और पूर्णतया स्थाई रह सकती हैं, जब कि दूसरे तत्वों परमाणुओं से बनी छोटी शृंखलायें भी बहुत ही अधिक अवसरों पर अस्थायी होती हैं। इस प्रकार उदाहरण के लिये, आक्सीजन परमाणुओं को इस प्रकार की सबसे बड़ी शृंखला दो परमाणुओं की होती है। और जो योगिक ऐसी शृंखला से बने होते हैं कम स्थायी होते हैं। जहाँ तक कार्बन का सम्बन्ध है 70 कार्बन परमाणुओं की शृंखला का पूर्ण स्थायी योगिक प्राप्त किया गया है।

किन्तु, कार्बनिक रसायन में भी कार्बन एक प्रमुख स्थान रखा है। विशेषतः कार्बन-डाइ-आक्साइड और उसकी उपजों की ओर ध्यान देना आवश्यक है।

कार्बोनिक-एसिड गैस पानी में घुसती हुई उसके अणुओं से संयोजित होकर दुबल कार्बोनिक एसिड बनाती है।

शुद्ध कार्बोनिक एसिड का प्राप्त करना सम्भव नहीं है क्योंकि वह बहुत घम्यायी होता है। इसके विपरीत कार्बोनिक-एसिड के लवण कार्बोनेट और बाइ-कार्बोनेट स्थायी यौगिक होते हैं। उनमें सबसे महत्वपूर्ण सोडियम कार्बोनेट या सोडा है जिसका कृषि एवं औद्योगिक क्षेत्र में बड़ा उपयोग होता है। इसी के समान पोटेशियम का यौगिक K_2CO_3 है जो पोटाश कहलाता है। कुल पोटेशियम के लवणों के समान ही एक बहुत मूल्यवान उर्वरक है। यदि धातु कार्बोनिक एसिड के अणु के एक ही हाइड्रोजन परमाणु को विस्थापित करता है तो बाइकार्बोनेट लवण प्राप्त होता है। सबसे प्रसिद्ध बाइकार्बोनेट-सोडियम बाइकार्बोनेट $NaHCO_3$ है जो साने वाला सोडा है।

दूसरा महत्वपूर्ण यौगिक जो कार्बन आक्सीजन से मिलकर बनाता है कार्बन मोनोआक्साइड CO है।

जैसा कि हम कह चुके हैं, जब कोयले के जलने के समय आक्सीजन की मात्रा उसकी पूरी तरह से जलाने के लिये पर्याप्त नहीं होती है तो कार्बन मोनो-आक्साइड बनता है। वायु की कमी के समय में भट्टी के नीचे के भाग में, जहाँ आक्सीजन उस समय बाकी रहती है, साधारण रूप से प्रज्वलन जारी रहता है और कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस बनती है : $C + O_2 = CO_2$, किन्तु उसके ऊपरी भाग में जलता हुआ कोयला वायु के सम्पर्क में न आकर कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस के सम्पर्क में आता है, और कोयला कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस से आक्सीजन की मात्रा ले लेता है और कार्बन मोनोआक्साइड निर्माण करता है। $C + CO_2 = 2CO$.

कार्बन मोनोआक्साइड को कभी-कभी कोयले की गैस भी कहा जाता है क्योंकि वह बहुत विषैली होती है। उसका विषैला प्रभाव भट्टी के धुंदा निकलने के मार्ग को समय से पूर्व बन्द कर देने पर प्रायः देखा जाता है। कार्बन मोनो-आक्साइड के विष के प्रभाव से मानव-रक्त वायु से आक्सीजन छीनने और फिर उसे शरीर के तन्तुओं को हस्तांतरित कर देने की क्षमता खो देता है। इससे मृत्यु हो सकती है।

दूसरी ओर (स्थायी यौगिक CO_2 की आक्सीजन की मात्रा के अनुपात में कम आक्सीजन रखने वाली कार्बन मोनोआक्साइड बड़ी उत्सुकता से दूसरे

परमाणुओं भ्रमवा परमाणु समूहों से संयोजित होती है। रसायन शास्त्री इसको 'संयोजन करने की प्रतिक्रिया की ओर झुकाव' कहते हैं। उदाहरण के लिये, 500°C के तापमान पर या केवल प्रकाश में कार्बन मोनोक्साइड बलोरिन के दो परमाणुओं से संयोजित हो जाती है: $CO + CO_2 = CCl_2$ और मुख्यतः विपैला पदार्थ फास्जीन बनती है। फास्जीन बहुत से जटिल कार्बनिक यौगिकों के प्राप्त करने के लिये अत्यन्त मूल्यवान् रीएजेन्ट है। ऊँचे तापमान और बड़े दबाव पर कार्बन मोनोक्साइड धातु से संयोजित होती है। इस प्रकार विशेषतः लोहे का उडनशील यौगिक-लोह कार्बोनील $Fe(CO)_5$ के प्राप्त करने में सफलता होती है।

कार्बन मोनोक्साइड के प्रज्वलन के समय ऊष्मा की बड़ी मात्रा उत्पन्न होती है। इसीलिये विभिन्न गैस जेनरेटरों वाले प्लांटों में इसे प्राप्त करके ईंधन-गैस के रूप में प्रयोग करते हैं।

भूगर्भीय गैसीकरण (Gasification) के समय कोयला बहुत बड़े भ्रंश में कार्बन मोनोक्साइड में परिवर्तित हो जाता है, जो बाद में पाइपों के जरिये ऊपर लाया जाता है और उपयोग किया जाता है।

कार्बन मोनोक्साइड की सहायता से सम्भवतः हाइड्रोसियनिक एसिड HCN प्राप्त हो सकता है, उदाहरण के लिये, अमोनिया से पारस्परिक प्रतिक्रिया कराके $CO + NH_3 = HCN + H_2O$ हाइड्रोसियनिक एसिड की गणना सर्वोच्च विपैले पदार्थों में की जाती है।

ऊँचे तापमानों में कार्बन बहुत सी धातुओं से संयोजित हो जाता है और कार्बाइडें बनाता है। सर्वाधिक प्रसिद्ध बोलफ्राम की कार्बाइडें WC तथा W_2C हैं। अतिरिक्त कठोर (Super Hard) मलवाय, जिनकी कठोरता हीरे की कठोरता के समीप तक पहुँचती है, के बनाने में बोलफ्राम की कार्बाइडें अनिवार्य होती हैं।

कार्बन के हाइड्रोजन से बने यौगिकों में सर्वाधिक सरल यौगिक, जो कार्बनिक एवं अकार्बनिक यौगिकों की मिलने वाली सीमा पर स्थित है, मीथेन गैस CH_4 है। उसे ऊँचे तापमान पर सीधे कार्बन और हाइड्रोजन का मेल करके प्राप्त करते हैं। प्रकृति में कार्बनिक पदार्थों के विघटन के समय यदि वायु नहीं पहुँचती है तो मीथेन बनती है। प्राकृतिक ईंधन की गैसों में मीथेन का मुख्य भ्रंश होता है।

मीथेन में हाइड्रोजन के परमाणु पूर्णतः भ्रमवा भ्रंशतः हैलोजन के परमाणुओं से प्रतिस्थापित (Replace) किये जा सकते हैं। यदि तीन हाइड्रोजन परमाणुओं को तीन बलोरिन के परमाणुओं से प्रतिस्थापित किया जाता है तो बलोरोफॉर्म ($CHCl_3$) प्राप्त होता है, जो चिकित्सालयों में विस्तृत रूप से प्रयोग

होता है। और यदि हाइड्रोजन के चारों परमाणु क्लोरीन परमाणुओं से विस्थापित हो जाते हैं तो कार्बन टेट्राक्लोराइड बनता है तो अत्यन्त उत्तम प्रदाह्य (Lio-combustible) विस्फायक होता है। कार्बन और हैलोजनों के मेल से बने CCl_2 , F_2CClF_3 आदि के समान यौगिकों के विभिन्न मिश्रणों का टेकनिकल नाम फ्रिपान (Frion) है। उनका उपयोग रेफ्रिजरेटरों की तकनीक में किया जाता है।

हर प्रकार से, और अपने इन्प्रागैनिक यौगिकों की विविधता के कारण ही, कार्बन को धातु सारणी के कुल तत्वों के मध्य एक प्रमुख स्थान प्राप्त है।

सिलिकन—इन्प्रागैनिक प्रकृति का भगवान

सिलिकन एक प्रमुख रसायनिक तत्व है, जिसके परमाणु विस्तृत रूप से पृथ्वी पर फैले हैं। यद्यपि हमारे ग्रह का आवरण असमान विभिन्न खनिजों की विशाल मात्राओं से बना है, सिलिकन उनमें से अधिकांश में प्रमुख स्थान रखता है। पृथ्वी के पपड़े में उस की तोल का लगभग तीस प्रतिशत सिलिकन का अंश होता है। सिलिकन कुल पीछों में है। वह विशेषकर अधिक मात्रा में हासटेल (horse-tail) और बास में होता है।

थोड़ी मात्रा में सिलिकन जीवों के शरीरों में भी पाया जाता है। कुछ अणु जीव (organism) सागरीय जल में घुले सिलिकन अम्ल से अपने छोटे शरीरों के हड्डी के ढाँचे निर्माण करते हैं। मानव शरीर में सिलिकन 0.1 प्रतिशत से कम होता है और उसकी जैविक भूमिका अभी तक अज्ञात है।

सिलिकन का परमाणु भी कार्बन के परमाणु की भाँति ही चार संयोजकतायें रखता है। इसका अर्थ है कि वह भी एक संयोजकता वाले हाइड्रोजन या क्लोरीन आदि के चार परमाणुओं से संयोजित हो सकता है।

सिलिकन की विशाल रसायनिक सक्रियता इस तत्व को प्रकृति में स्वतन्त्र रूप से नहीं प्राप्त होने देती।

सिलिकन के एक परमाणु और प्राक्सीजन के दो परमाणुओं के इलेक्ट्रॉनिक आवरण बड़ी सफलतापूर्वक मेल करते हैं और सिलिकन-डाई-प्राक्साइड बनाते हैं। यह अत्यन्त कठिनता से गलने वाला, कठोर, रसायनिक दृष्टि से कम सक्रिय पदार्थ होता है। सिलिकन डाई-प्राक्साइड प्रकृति में विभिन्न रूपों में प्राप्त होता है। सबसे अधिक वह श्वेत स्फटिक शिराओं (Quartz veins) के रूप में मिलता है, जो अधिक मूलायम खनिजों को काट देता है, या पहाड़ी चट्टानों के घिसन से प्राप्त श्वेत स्फटिक रेत के रूप में मिलता है।

विरल रूप में (rarely) मिलावटों द्वारा विविध रङ्गों से अलंकृत स्फटिक

की अन्य विभिन्न किस्में भी प्राप्त होती हैं, जैस्पर (सूर्यकांत) ग्रगेट (प्रकीफ) कैल्सीडोनी (Chalcedony), ट्रिडिमाइट, क्रिस्टोबलाइट (Cristobalite) ।

साधारणतः, स्फटिक भापस में खूब गुम्य कर जुड़े हुए श्वेत, भर्षा पारदर्शी छोटे मणिभों से बना होता है । वह प्रत्यन्त दृढ़ होता है । अधिकांश दूसरे खनिजों की अपेक्षा वह अधिक दृढ़ होता है । पर्वतीय चट्टानों के ऋतुसरण (Weathering) के समय वह सबसे भ्रन्त में ष्वस्त होता है और 'धवशेषों' के रूप में स्फटिक शिरायें छोड़ता है जिनके ध्वस्त होने पर स्फटिक रेतें प्राप्त होती है । इस रेत में प्रायः सोना (रेत के रूप में भ्रयवा कुछ किलोग्राम तक के भार के ढलों के रूप में) पाया जाता है । स्फटिक के विशेष रूप से दृढ सचित रूप जैस्पर (सूर्यकांत) एवं ग्रगेट (प्रकीफ) हैं । जैस्पर और ग्रगेट से सुन्दर सजावटों का सामान और कुछ तकनीकी पुरजे—रसायनिक भ्रोक्षली, बहुत ठीक (शुद्ध) तोलने वाले तराजुधो के प्रिज्म, घड़ियों और तोलने के यन्त्रों में प्रयोग होने वाले कठोर परधर—बनाये जाते हैं ।

प्रायः प्रकृति में स्फटिक के बड़े पारदर्शी मणिभ भी प्राप्त होते हैं जैसे—विल्लोर । पेंटागास्कर में प्राप्त होने वाले विल्लोरों में एक घ्राठ मीटर लम्बा था ।

पहले विल्लोर केवल सजावटों के लिये इस्तेमाल होता था, किन्तु भ्रव वैज्ञानिकों ने इस सुन्दर खनिज के भ्रनेक भ्रसामान्य गुण खोज निकाले हैं । और उसका उपयोग भ्रव विज्ञान एवं तकनीक में बड़े विभ्रत रूप से होने लगा है । यदि विल्लोर के मणिभ से काटी गई प्लेट को निश्चित दिशा में टेढा (bend) किया जावे तो उसके ध्ररातल पर विद्युत्-प्रभार घ्रा जावेगा । इस गुण के कारण विल्लोर की दाव-बंधुतीय (Piezo electric) पदार्थ कहा जाता है । इस प्रकार के गुण केवल स्फटिक ही में नहीं होते हैं, दूसरे पदार्थों (उदाहरण के लिये सेम्नेतोव लवण) में भी पाये जाते हैं । किन्तु स्फटिक (Quartz) में वे विशेष यन्त्रिक गुणों से सफलता पूर्वक संयुक्त होते हैं । वह अधिक दृढ़, विमड़ा और लचीला होता है । यदि स्फटिक की स्वरित्र द्विभुज (tuning-fork) बनाई जाती है और उसे शून्यक (vacuum) में रखा जाता है तो वह घण्टो कम्पन (oscillation) करती रहती है । स्फटिक पर लभभग कोई प्रभाव तापमान से नहीं पड़ता है । और उसका प्रसरण गुणांक (Coefficient of expansion) बहुत ही तुच्छ होता है ।

यदि घातु की पतं से ढकी हुई स्फटिक की प्लेट की ध्ररातलों पर प्रत्यावर्ती विद्युद्दाह (Alternating electric current) ढाली जाये तो प्लेट में दोलन (oscillation) उत्पन्न हो जायेगा । दोलन प्रतिध्वनि (Resonance) प्राप्त करने पर शक्ति ग्रहण करते हैं, बंधुत मैदान की घ्रावृत्ति (frequency), उसके स्वन्यत्र

दोलन (oscillation) की घावृत्ति के बराबर हो जाती है। स्फटिक की दाब—वैद्युतीय प्लेटों विस्तृत रूप में तकनीक में प्रयोग की जाती हैं। उनकी सहायता से रेडियों स्टेशनों की तरंग दीर्घता (wave length) में स्थिरता लाई जाती है व कर्णावीत (ultrasonic) ध्वनि प्राप्त की जाती है। दाब वैद्युतीय प्लेटें अत्यन्त ऊँची परिशुद्धता की “स्फटिक” घड़ियों के बनाने में काम आती हैं, जो विशाल दबावों, उदाहरण के लिये हथियारों की नालों में पैदा होने वाले दबावों के नापने में प्रयोग की जाती हैं।

वैज्ञानिकों ने यह प्रतिपादित किया है कि स्फटिक न केवल दिखाई पडने वाले प्रकाश के लिये पारदर्शी हैं, वरन् पारजम्बु (ultra violet) किरणों को भी वह अच्छी प्रकार अपने से बाहर निकलने देता है। इसीलिये बिल्लोर के मणिभों से बहुत बड़ी परिशुद्धता रखने वाले प्रकाशीय (optical) उपकरणों के पुरजे—लेन्स और प्रिज्म—तैयार किये जाते हैं।

सिलिकन का द्विआक्साइड (Dioxide) सरलतम यौगिक है, किन्तु वह प्रकृति में सर्वाधिक फैला हुआ सिलिकन का यौगिक नहीं है। सिलिकन की अत्यन्त अधिक विशाल मात्राएँ खनिजों के अंगों में समाविष्ट हैं, जो पृथ्वी के पपड़े का आधार बनाते हैं : बैसाल्ट (basalt), नाइस (gneiss) तथा अन्य।

मनुष्य सिलिकन रखने वाले अधिकांश खनिजों का विस्तृत रूप में उपयोग करता है। अम्रक (mica) तथा ऐस्बेस्टास (Asbestos) अपने गुणों के कारण हमारे लिये बिल्कुल अनिवार्य पदार्थ बन गये हैं। अम्रक के मणिम पतली परतों में सरलता से उधेड़े जा सकते हैं। उसे विभिन्न गरमाने वाले तत्वों, ऊँची उत्तमता के विद्युत-कण्डेन्सरो, परमाणु भौतिकी (atomic physics) में उपयोग किये जाने वाले प्रभारित कणों के मोटरों की छोटी से छोटी खिडकियों (slits) के बनाने में उपयोग किया जाता है। प्राचीन समय में जब मनुष्य खिडकियों के लिये शीशे नहीं बना सकता था, खिडकियों में माइका की प्लेटें लगाई जाती थीं।

अस्बेस्टास एक श्वेत तलुमय (रेशेदार) खनिज है, जो 1000°C से ऊपर तक के तापमान सहन कर सकने वाला, ऊष्मा और बिजली का उत्तम विसंवाहक अथवा पृथग्न्यास (Insulator) होता है। ऐस्बेस्टास से अदाह्य गत्ता (Card-board) एवं न जलने वाला कपड़ा तैयार किया जाता है। ऐस्बेस्टास का सीमेंट से मिश्रण, एस्बोसीमेंट एक उत्तम भवन निर्माण कराने वाला पदार्थ होता है जिसमें सीमेंट की दृढ़ता तथा ऐस्बेस्टास के लचीले पन दोनों का सुमेल उपस्थित होता है।

सिलिकन के गुण

बहुत समय तक वैज्ञानिक सिलिकन को पर्याप्त शुद्ध रूप में नहीं प्राप्त कर

सके और न उसके गुणों का अनुसन्धान कर सके। इस समय शून्यक (vacuum) में प्रामवन (Distillation) के द्वारा या अन्य उपायों से 99 999 प्रतिशत परिशुद्ध सिलिकन प्राप्त किया जा सकता है। शुद्ध सिलिकन भूरा, फीलाद के रंग का कठोर मणिम बनाता है, जिसमें परमाणुओं की स्थिति उसी प्रकार होती है जैसी हीरे में। किन्तु हीरा उत्तम इन्सुलेटर (विसंवाहक) है और सिलिकन अर्ध चालक है। प्रतिरिक्त शुद्धता रखने वाला सिलिकन ऊँची सक्रियता वाले सोर फोटो इलेक्ट्रिक सेलों के, जिनका फलोत्पादक सक्रियता गुणांक बहुत ऊँचा होता है बनाने में अनिवाये होता है।

सिलिकन की सोर फोटो इलेक्ट्रिक सेल (Solar photo electric cell) सिलिकन की अत्यन्त-पतली अर्ध पारदर्शी पतं से ढकी हुई धातु की एक प्लेट होती है। सूर्य का प्रकाश सिलिकन के परमाणुओं से इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकालता है, जो विद्युत धारा निर्माण करते हैं। कास्मिक यानों को विद्युत्-ऊर्जा की रसद सिलिकन के फोटो इलेक्ट्रिक सेल वाली सोर बँटरियाँ प्रदान करती हैं।

सिलिकन से अर्ध चालकीय डायोड (Diod) एवं त्रियग्र (Triode) निर्माण किये जाते हैं। रेडियो तकनीक में इनका उपयोग रिमीडर, प्रवर्धक (amplifier), रडार तथा अन्य विभिन्न उपकरणों में किया जाता है।

साधारण तापमान पर सिलिकन निष्क्रिय पदार्थ होता है। किन्तु गर्म होने पर वह लगभग सभी तत्वों से संयोजित होता है। सर्वाधिक महत्वपूर्ण उसके प्राकृतिक यौगिक खनिजों जिनके बारे में हम उल्लेख कर चुके हैं, तथा सिलिकन ग्रमल H_2SiN_2 के प्रसंख्य लवण हैं। यह अत्यन्त दुर्बल ग्रमल है, जो पानी में साधारण घोल न बना कर कलापडल (Colloidal) घोल बनाता है। कलापडोप घोल विलायक में लटके हुए (Suspended) विलेय के अत्यन्त सूक्ष्म कणों से बनता है। प्रकाश में वह धुँधला दिखाई पड़ता है, किन्तु उसके कण नीचे में नहीं बैठते हैं क्योंकि विलेय के कण बहुत ही सूक्ष्म होते हैं। सिलिसिक एसिड के लगभग सभी लवण पानी में अविलेय होते हैं। उनमें से कुछ—फेल स्पार (स्फतीय) प्रकृति में बहुतायत से पाये जाते हैं, केवल सोडियम सिलिकेट Na_2SiO_3 ही पानी में अच्छी प्रकार घुलता है। उसका पानी में घोल द्रव-शीशा (liquid glass) कहलाता है और संरक्षक बनाने तथा काँच और बस्तों के भिगोने के लिए अग्नि संरक्षी पदार्थ बनाने में काम आता है।

शीशा अथवा काँच

यदि सिलिकन न होता तो काँच भी न होता। इस समय विभिन्न प्रकार के काँच ज्ञात हो गये हैं।

दोलन (oscillation) की आवृत्ति के बराबर हो जाती है। स्फटिक की दाब—बंद्युतीय प्लेटों विस्तृत रूप से तकनीक में प्रयोग की जाती हैं। उनकी सहायता से रेडियों स्टेशनों की तरंग दीर्घता (wave length) में स्थिरता लाई जाती है व कर्णातीत (ultrasonic) ध्वनि प्राप्त की जाती है। दाब बंद्युतीय प्लेटें अत्यन्त ऊँची परिशुद्धता की "स्फटिक" घड़ियों के बनाने में काम आती हैं, जो विशाल दबावों, उदाहरण के लिये हथियारों की नालों में पैदा होने वाले दबावों के नापने में प्रयोग की जाती हैं।

वैज्ञानिकों ने यह प्रतिपादित किया है कि स्फटिक न केवल दिखाई पड़ने वाले प्रकाश के लिये पारदर्शी हैं, वरन् पारजम्बु (ultra violet) किरणों को भी वह अच्छी प्रकार अपने से बाहर निकलने देता है। इसीलिये बिल्डोर के मणिमो से बहुत बड़ी परिशुद्धता रखने वाले प्रकाशीय (optical) उपकरणों के पुरजे—लेन्स और प्रिज्म—तैयार किये जाते हैं।

सिलिकन का द्विआक्साइड (Dioxide) सरलतम यौगिक है, किन्तु वह प्रकृति में सर्वाधिक फैला हुआ सिलिकन का यौगिक नहीं है। सिलिकन की अत्यन्त अधिक विशाल मात्राएँ खनिजों के षण्णों में समाविष्ट हैं, जो पृथ्वी के पपड़े का आधार बनाते हैं : बैसाइट (basalt), नाइस (gneiss) तथा अन्य।

मनुष्य सिलिकन रखने वाले अधिकांश खनिजों का विस्तृत रूप में उपयोग करता है। मन्त्रक (mica) तथा ऐस्बेस्टास (Asbestos) अपने गुणों के कारण हमारे लिये बिल्कुल अनिवायं पदार्थ बन गये हैं। मन्त्रक के मणिम पतली परतों में सरलता से उधेड़े जा सकते हैं। उसे विभिन्न गरमाने वाले तत्वों, ऊँची उत्तमता के विद्युत-कन्डेन्सरो, परमाणु भौतिकी (atomic physics) में उपयोग किये जाने वाले प्रसारित कणों के भीटरों की छोटी से छोटी खिड़कियों (slits) के बनाने में उपयोग किया जाता है। प्राचीन समय में जब मनुष्य खिड़कियों के लिये भीशे नहीं बना सकता था, खिड़कियों में माइका की प्लेटें लगाई जाती थी।

ऐस्बेस्टास एक श्वेत तनुमय (रेशेदार) तनिज है, जो 1000°C से ऊपर तक के तापमान सहन कर सकने वाला, ऊष्मा और बिजली का उत्तम विषबाहक घबदा पृष्णव्यास (Insulator) होता है। ऐस्बेस्टास से घदाह्य गत्ता (Card-board) एवं न जलने वाला कपड़ा तय्यार किया जाता है। ऐस्बेस्टास का सीमेन्ट में मिश्रण, ऐस्योसीमेन्ट एक उत्तम भवन निर्माण कराने वाला पदार्थ होता है जिसमें सीमेन्ट की दृढ़ता तथा ऐस्बेस्टास के लचीले पन दोनों का गुमेन उपस्थित होता है।

सिलिकन के गुण

बहुम समय तक वैज्ञानिक सिलिकन को पर्याप्त शुद्ध रूप में नहीं प्राप्त कर

सके और न उसके गुणों का अनुमान कर सके । इस समय शून्यक (vacuum) में भासवन (Distillation) के द्वारा या अन्य उपायों से 99 999 प्रतिशत परिशुद्ध सिलिकन प्राप्त किया जा सकता है । शुद्ध सिलिकन भूरा, फीलाद के रंग का कठोर मणिम बनाता है, जिसमें परमाणुओं की स्थिति उमी प्रकार होती है जैसी हीरे में । किन्तु हीरा उत्तम इन्सुलेटर (वितंबाहक) है और सिलिकन घर्ष चालक है । अतिरिक्त शुद्धता रखने वाला सिलिकन ऊँची सक्रियता वाले सोर फोटो इलेक्ट्रिक सेलों के, जिनका फलोत्पादक सक्रियता गुणांक बहुत ऊँचा होता है बनाने में अनिवार्य होता है ।

सिलिकन की सोर फोटो इलेक्ट्रिक सेल (Solar photo electric cell) सिलिकन की अत्यन्त-पतली घर्ष पारदर्शी पतल से ढकी हुई धातु की एक प्लेट होनी है । सूर्य का प्रकाश सिलिकन के परमाणुओं से इलेक्ट्रॉनों को बाहर निकालता है, जो विद्युत् धारा निर्माण करते हैं । काम्मिक यानों को विद्युत्-ऊर्जा की रसद सिलिकन के फोटो इलेक्ट्रिक सेल वाली सोर बैटरियाँ प्रदान करती हैं ।

सिलिकन से घर्ष चालनीय द्वियग्र (Diod) एवं त्रियग्र (Triode) निर्माण किये जाते हैं । रेडियो तकनीक में इनका उपयोग रिमीवर, प्रवर्धक (amplifier), रडार तथा अन्य विभिन्न उपकरणों में किया जाता है ।

साधारण तापमान पर सिलिकन निष्क्रिय पराण होता है । किन्तु गर्म होने पर वह लगभग सभी तत्वों से संयोजित होता है । सर्वाधिक महत्वपूर्ण उसके प्राकृतिक यौगिक खनिजों जिनके बारे में हम उल्लेख कर चुके हैं, तथा सिलिकन अम्ल H_2SiO_3 के असंख्य लवण हैं । यह अत्यन्त दुर्बल अम्ल है, जो पानी में साधारण घोल न बना कर कलायडल (Colloidal) घोल बनाता है । कलायडोय घोल विलायक में लटके हुए (Suspended) विलेय के अत्यन्त सूक्ष्म कणों से बनता है । प्रकाश में वह धुँधला दिखाई पड़ता है, किन्तु उसके कण नीचे में नहीं बैठते हैं क्योंकि विलेय के कण बहुत ही सूक्ष्म होते हैं । सिलिसिक एसिड के लगभग सभी लवण पानी में अविलेय होते हैं । उनमें से कुछ — फेल स्वार (स्फतोय) प्रकृति में बहुतायत से पाये जाते हैं, केवल सोडियम सिलिकेट Na_2SiO_3 ही पानी में अच्छी प्रकार घुलता है । उसका पानी में घोल द्रव-शीशा (liquid glass) कहलाता है और सरस बनाने तथा काष्ठ और वस्त्रों के भिगोने के लिए अग्नि संरक्षी पदार्थ बनाने में काम आता है ।

शीशा अथवा कांच

यदि सिलिकन न होना तो कांच भी न होता । इस समय विभिन्न प्रकार के कांच ज्ञात हो गये हैं ।

साधारण शीशा (खिडकियों और बौतलों का शीशा) सिलिसिक ग्रम्ल का एक जटिल लवण $\text{Na}_2\text{CaSi}_6\text{O}_{14}$ या $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ होता है। उसे विशाल भट्टियों में रेत SiO_2 चूने का पत्थर CaCO_3 तथा सोडा Na_2CO_3 को मला कर प्राप्त किया जाता है। इस प्रकार के शीशे में लीहे मिलावटों से प्रथम पीतमा युक्त हरा रङ्ग आ जाता है। यदि रंगीन शीशा प्राप्त करना होता है तो गले हुए शीशे में विभिन्न मिलावटें—कोबाल्ट नीला रंग लाने के लिये, क्रोमियम हरा रङ्ग लाने के लिये आदि—मिलाते हैं। विशेष घमकों वाले मजावट के शीशे (थिल्लोरी शीशे) बनाने के लिये सीसा के लवण मिलाये जाते हैं।

साधारण शीशा में एक बड़ी कमी होती है : वह चोट लगने से सरलता से टूट जाता है और असमानता से गर्म होने पर चिटख जाता है। हमारा काँच का उद्योग (सोवियत संघ) मोटर कारों, बसों आदि के लिये विशेष प्रकार का ढहीकृत न टूटने वाला शीशा निकालता है। ढहीकरण (tempering) के फलस्वरूप ऐसे शीशे की बाहरी पतें शक्ति पूर्वक सदाबित (Compressed) तथा अन्दर की पतें खिची हुई (Stretched) होती है, जिससे यह साधारण शीशे की अपेक्षा अधिक स्थायी होता है और यदि किसी प्रकार टूटता भी है तो उसके टुकड़े कुन्द होते हैं।

रासायनिक बर्तनों को बनाने के लिए ऊष्मा से ढढ़ता दिखाने वाले पायरेक्स शीशा (Pyrex glass) का उपयोग किया जाता है। और विशेष ऊँचे तापमानों पर काम करने के लिए स्फटिक काँच (शुद्ध SiO_2) काम में लाया जाता है। वह गर्म करने से लगभग बिल्कुल ही नहीं बड़ता है इसलिए उसे लाल तप्त करके ठंडे पानी में डाला जा सकता है। वह कड़केगा (Crack) नहीं। कुछ किस्म के शीशो में धातु के तार सरलता से भाले (Solder) जा सकते हैं। ऐसे शीशों का प्रयोग बिजली के लैपों और रेडियो वाल्वों के बनाने में किया जाता है।

विशेष ध्यान से ठीक विशेष नुस्खे के अनुसार—प्रकाशीय (optical) शीशे को 'पकाया' जाता है। दूरबीन या कैमरा के अभिश्यक (objectives) केवल उसी समय अच्छे प्रतिबिम्ब प्रस्तुत करते हैं जब प्रकाशकीय शीशा पूर्णरूप से पारदर्शी होता है पालिश करने (grinding) के समय प्रकाशकीय शीशा से बनी वस्तुयें अपनी मजावट न बदल दें इसके लिए तैयार वस्तुओं को ध्यानपूर्वक तापानुशीतित (Anneal) .. बहुत धीमे-धीमे ठंडा—किया जाता है। सर्वाधिक अच्छे परिणाम देने वाले अभिश्यक वे होते हैं जिनके लैस दो प्रकार के शीशों से बक्रित (Curved) किये जाते हैं, फ्राउन प्रकाश काँच तथा गिल्ट काँच। हल्के

क्राउन काँच से उत्तल (Convex) लेन्स तथा भारी पिलन्ट काँच अवतल (Concave) लेन्स बनाते हैं। इस प्रकार का मेल अभिदृश्यक (objective) को प्रत्येक रंग की किरणों को एक बिन्दु पर संकेन्द्रित करने में सहायता देता है और प्रतिबिम्ब के किनारों पर रंगीन पट्टियाँ नहीं बनने देता।

मृत्कला (Ceramics)

अस्मरणीय काल से मानव अपने जीवन में मिट्टी के बर्तन प्रयोग करता आया है। मिट्टी से बनाई गई वस्तु का सबसे पुराना उदाहरण ईंट है। मिट्टी और रेत के नम मिश्रण से ईंट तैयार करते हैं, सुखाते हैं, और फिर पकाते हैं। इस प्रकार पकने के बाद उपरोक्त मिश्रण ईंट का रूप ले लेता है, जो न पानी में घुलता है न पानी सोखता है।

मनुष्य अतीत काल से कुम्हार के धंधे—मिट्टी के बर्तन बनाने की दस्तकारी—से परिचित है। कुम्हार धीमे घूमते हुए चाक पर सनी हुई मिट्टी का थक्का रखता है और हथेली की प्रवीण चालों द्वारा आकारहीन मिट्टी के पिण्ड से मटका, तश्तरी, अन्य वस्तुओं की दीवारें खींचता है। तैयार बर्तन में डिजाइन अथवा नमूना बनाने के बाद, उसे पतले ताप से फाट देता है और सूखने के लिए रख देता है। हर प्रकार की मिट्टी की वस्तुएँ तैयार करने में उनको प्राग से पकाने की क्रिया अनिवार्य है। जितने ही ऊँचे तापमान पर वे पकाये जाते हैं उतने ही उत्तम कोटि के वे होते हैं।

चीनी मिट्टी (China clay) और फेंस (Faience) के बर्तन एक ही प्रकार की श्वेत मृत्तिका—केओलिन (Kaolin) ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$) से बनाये जाते हैं, किन्तु चीनी मिट्टी के बर्तनों को अधिक ऊँचे तापमान पर पकाया जाता है और इस कारण वे अर्ध पारदर्शी हो जाते हैं। चीनी की मिट्टी और फेंस के बर्तनों के ऊपर सरलता से गलने वाले (fusible) के शीशे की पर्त—ग्लेज़ (glaze) चढ़ा दी जाती है।

वर्तमान तकनीक में मृत्तिका से बनी वस्तुएँ विशाल भूमिका अदा करती हैं। वे विस्तृत रूप से बिजली और रेडियो उद्योगों में उपयोग की जाती हैं। चीनी मिट्टी की विभिन्न किस्में निकाली गई हैं, जिनमें शुद्ध केओलिन के अतिरिक्त, अनेक अन्य रसायनिक पदार्थ शामिल होते हैं और ऊँचे विस्वाही (Insulating) गुण उपस्थित होते हैं।

सिलिकन की अन्य दिलचस्पियाँ

शीशा और सिरेमिक के अतिरिक्त दूसरे बहुत से महत्वपूर्ण एवं लाभकर यौगिक सिलिकन बगते हैं। सिलिकन का कार्बन से यौगिक—कार्बोरेंडम (Carborandum) SiC सिलिकन-डाइ-आक्साइड (SiO_2) और, कार्बन के

मिश्रण को तापनशीतन (anneal) करके प्राप्त किया जाता है। यह केवल हीरा से कठोरता में कम होता है, और घिसाई करने वाले (grinding) तथा एमरी (रेगमाल करने वाले) चक्र बनाने के काम में आता है जिनसे कठोर से कठोर फोलाद पर काम किया जा सकता है।

कार्बन के समान ही सिलिकन भी अपने परमाणुओं की शृंखला बना सकता है। सिलिकन के यौगिक SiH_4 —सिलेन (Silane), Si_2H_6 तथा इसी प्रकार $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$ तक ज्ञात है, किन्तु वे हाइड्रोकार्बन यौगिकों की अपेक्षा कहीं अधिक कम स्थायी होते हैं और वायु में स्वयं जलने की क्षमता प्रगट करते हैं। इस जगह भी, जैसा कि सर्वत्र, सिलिकन की अपना सबसे स्थायी यौगिक SiO_2 बनाने की चेष्टा प्रगट होती है। कार्बोरेडम के उदाहरण से यह स्पष्ट है कि सिलिकन और कार्बन का जोड़— $\text{Si}-\text{C}$ अत्यन्त दृढ़ होता है। वैज्ञानिकों ने इसका लाभ उठा कर तेलों, वानिषों और अन्य पदार्थों के अणुओं की रचना में सिलिकन के परमाणुओं को कुछ कार्बन परमाणुओं के स्थान पर समाविष्ट किया है, जिससे कार्बन-सिलिकन की मिश्रित दृढ़ शृंखलाएँ प्राप्त की जा सकी हैं। इस प्रकार के यौगिकों को सिलिको-आर्गेनिक कहा जाता है। वे अत्यन्त दृढ़ होते हैं और ऊँचे तापमान से भयभीत नहीं होते हैं। वर्तमान समय में सिलिको-आर्गेनिक यौगिकों का उपयोग ताप स्थायी (heat stable) तेलों, वानिषों एवं एनमेलों (Enamels) के बनाने में होता है। विद्युत् मोटरों में, जिनमें सिलिको-आर्गेनिक पृथग्व्यास (Insulators) में तार से वाइन्डिंग की जाती है, उसी प्रकार के साधारण वाइन्डिंग वाले मोटरों की अपेक्षा दो गुनी अधिक शक्ति होती है।

सिलिकन के परमाणुओं के एक दूसरे से जोड़ की दृढ़ता यह बताती है कि कार्बन के यौगिकों के वंशज जीवन असम्भव है। सिलिकन के परमाणु कभी, किन्हीं भी परिस्थितियों में बगैर कार्बन के परमाणुओं के ऐसी बड़ी और जटिल शृंखलाएँ नहीं बना सकते हैं जैसी कार्बन के परमाणु बनाते हैं। इसी कारण यह वैज्ञानिक परिकल्पना कि "दूसरे संसारों" में सिलिकन के यौगिकों के आधार पर बिल्कुल दूसरे प्रकार का जीवन हो सकता है, बहुत कम आधार रखती है।

सिलिकन के यौगिकों की भूमिका मानव जीवन में तीव्र गति से बढ़ रही है। प्रस्तर, सीमेंट, चीनी मिट्टी के सामान, कम जीने वाले घातु को विस्थापित (displace) कर रहे हैं, शीशा और एनेमेलों का उपयोग दिन प्रतिदिन बढ़ता जा रहा है, वर्तमान प्रस्तरों की ढलाई के अध्ययन में सफल प्रयोग किये जा रहे

हैं, रेडियो तकनीक में शुद्ध सिलिकन अनिवार्य भ्रंग बन रहा है, दैनिक जीवन में स्वास्थ्य यी सिलिको-प्रागेनिक योगिक समाविष्ट हो रहे हैं :

जीवन-हीन और जीवन

नाइट्रोजन की खोज अंग्रेज प्रकृति वैज्ञानिक, डेनियल रदरफोर्ड ने 1772 ई. में की थी। वैज्ञानिक वायुमण्डल से पृथक्कृत (Isolated) घण्टी की वायु का "अनुसंधान कर रहा था, जिसमें कुछ देर जीवित रह कर एक चूहा मर चुका था। जीवों का श्वसन (Respiration)" उसने लिखा, "न केवल स्वस्थ वायु को स्थिर वायु ('कार्बन-डाइ-ऑक्साइड गैस) में बदल देता है, वरन् स्थिर वायु के कार्बेटिक पोटाश के द्वारा प्रदूषण किये जाने के बाद शेष भ्रंश यद्यपि चूने के पानी को दूधिया नहीं बनाता है (CO₂ के गुण से विभिन्नता प्रगट करते हुए) — प्राग की ज्वाला को बुझाता है और जीवन को समाप्त कर देता है।"

नाइट्रोजन का सर्वप्रथम लक्षण नकारात्मक पक्ष से प्राप्त हुआ है।

कदाचित ही किसी भ्रंश तत्व का भाग्य नामकरण के समय इतना फूटा रहा हो जितना कि नाइट्रोजन का। यूनानी भाषा में "अजोतिकोन" (नाइट्रोजन) के अर्थ हैं "जीवन हीन"। जर्मनी में इसे और भी सीधे तरीके से "गला घोट पदार्थ" (stickstoff) कहते थे।

जीवन हीन और गला घोट किन्तु फिर भी, नाइट्रोजन और जीवन एक दूसरे से अलग नहीं किये जा सकते हैं।

"जीवन एल्ब्यूमिनोय शरीर (Albuminous body) के अस्तित्व (existence) का एक रूप है।" एग्रेल्स ने कहा था। और अवश्य ही नाइट्रोजन के ही बगैर एल्ब्यूमिन का अस्तित्व नहीं हो सकता है।

पृथ्वी का वनस्पतीय एवं जैविय शरीरों का कुल विशाल पदार्थ (mass) मूलतः चार तत्वों से बना है, जिनके बारे में शिलेर की चतुष्पदी कविता कही जा सकती है :

Vier Elementen

चार तत्व

Innig geset

प्रापस में मिलते हुए

Bilden das leben

जीवन देते हैं

Bauen die welt

और विश्व निर्माण करते हैं।

ये चार तत्व कार्बन, हाइड्रोजन, ऑक्सीजन और नाइट्रोजन हैं। नाइट्रोजन का नाम रसायनिक निष्क्रियता का श्रेणी है। कमरे के तापमान पर वह केवल लिथियम से संयोजित होता है : नाइट्रोजन का अणु दो परमाणुओं से बनता है, दो अत्यन्त दृढ़ता से जुड़े होते हैं। नाइट्रोजन के 100 अणुओं में से पांच को एक

माय परमाणुओं में विपाटित करने के लिए 3500°C के तापमान की आवश्यकता होती है। और चालीस नाइट्रोजन अणुओं में परमाणुओं के बन्धनों (जोड़ों) को तोड़ने के लिए 8000°C के विशाल तापमान की आवश्यकता पड़ेगी। यह स्पष्ट है कि साधारण परिस्थितियों में नाइट्रोजन न आक्सीजन से संयोजन करता है न हाइड्रोजन से।

ऊँचे तापमान तथा आक्सीजन की छोड़ी मात्रा में नाइट्रोजन विशाल सक्रियता प्रगट करता है। वह धातु-कर्मियों (Metalurgists) को बहुत दुःख देता है। वे जलाये गये धातु से उसे टाइटेनियम मिलाकर धातुमल के रूप में पृथक करते हैं, क्योंकि टाइटेनियम बड़ी उत्सुकता से नाइट्रोजन से संयोजित हो जाता है।

पृथ्वी के पपड़े में, वायुमण्डल में, दूरस्थ ग्रहों में

नाइट्रोजन का मूलभूत अंश वायुमण्डल में है। पृथ्वी के धरातल के प्रत्येक वर्ग मीटर में 8 टन वायुमण्डलीय नाइट्रोजन उपस्थित है, यह मात्रा दस लाख वर्षों से ऊपर तक हमारे वनस्पति जगत् की भूख को संतुष्ट करने की क्षमता रखती है।

पृथ्वी के पपड़े में उसकी मात्रा मुश्किल से भार का 0.4 प्रतिशत है और यह आश्चर्य की बात नहीं है। आवश्यक ही, नाइट्रोजन निष्क्रिय पदार्थ है। आश्चर्य यह है कि वह संयोजित अवस्था में कैसे आया? इस पर वैज्ञानिकों की विभिन्न धारणाएँ हैं। उनमें से एक के अनुसार नाइट्रोजन ने उस प्रतीतकालीन भौगर्भीय युग में दूसरे तत्वों से प्रतिक्रिया उपस्थित की थी जब पृथ्वी पिघला हुआ लसदार पदार्थ था, जो ऊपर से पतले ठोस पपड़े से ढका था, जिसे जगह व जगह वाष्पी और गैसों के फव्वारे तोड़ दिया करते थे। गले हुये धातुओं ने नाइट्रोजन से प्रतिक्रिया करते हुए नाइट्राइड बनाये।

सम्भव है नाइट्रोजन कुछ समय बाद उस समय विवन्धित (fixed) हुआ हो जब पृथ्वी गर्म और नम वायु मंडल से ढकी थी, जिसमें एक साथ सहस्रों असाधारण शक्ति रखने वाली विजलियाँ चमकती रहती थी। उन्होंने ही नाइट्रोजन को आक्सीजन से संयोजित कर दिया और पृथ्वी पर नाइट्रिक एसिड की मूसलाधार वर्षा से भाई। नाइट्रिक एसिड ने पृथ्वी में प्रवेश करते हुये धातुओं से प्रतिक्रिया की और नाइट्रेट सवण बनाये।

पृथ्वी के वायुमंडल के परे भी योगिकों के रूप में नाइट्रोजन हैं। अंग्रेज वैज्ञानिक बर्नल एवं मैसी का सुझाव है कि यदि पृथ्वी पर नहीं तो और प्रणाली के बड़े ग्रहों में, बरहण (Uranus) और बृहस्पति (Jupiter) में जिनके वायुमंडलों

में प्रमोनिया है, घातु प्रमोनियम मिल सकता है, जो उन भारी ग्रहों में खनिजों की शिरायें (mineral veins) बनाता है। साधारण परिस्थितियों में स्वतन्त्र प्रमोनियम, जो रसायनिक गुणों में पोटैशियम और सोडियम के समान है; नहीं प्राप्त हो पाता, क्योंकि वह तुम्हें प्रमोनिया और हाइड्रोजन में विपाटित हो जाता है।

वैज्ञानिकों ने गणना की है कि परम शून्य (absolute zero) तापमान पर और लगभग 250 हजार वायुमंडलीय दबाव पर घातु प्रमोनियम रहता है और संतुलन $2 \text{NH} + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{NH}_4$ दाहिनी ओर झुक जाता है। यह परिस्थिति सौर प्रणाली के दूरस्थ ठंडे ग्रहों में मौजूद है।

सूर्य का वायुमण्डल तटस्थ और घायनीकृत परमाणुओं के रूप में नाइट्रोजन रखता है। नाइट्रोजन की वर्णक्रमीय रेखाएँ (spectrum lines) धूमकेतुओं (Comets) और निहारिकाओं (Nebulae) में पाई जाती हैं।

जीवों के शरीरों में यह तत्व बहुत अधिक मात्रा में पाया जाता है। शुष्क पदार्थ के कुल भार का 1 से 10 प्रतिशत तक।

गहराई की बीमारी

कमरे की साधारण परिस्थितियों में नाइट्रोजन रंग हीन गैस होती है, जो घातु से कुछ हल्की, स्वाद एवं गन्ध रहित होती है।

हम उसे न ही अनुभव करते हैं, और न वह हमें तंग करती है, पर केवल परिस्थितियों के बदलने की जरूरत है और यह सीधी गैस हमें अपना दाँत दिखाना प्रारम्भ कर देती है।

गोताखोर समुद्र के अन्दर जाता है, नली के द्वारा उसे साधारण वायु पहुँचाई जाती है। कुछ दशक मीटरों की गहराई पर ही वह अपने फेफड़ों में कुछ नया सा अनुभव करने लगता है। उसको मूल में सदाब्रित (Compressed) नाइट्रोजन का घातु के समान स्वाद अनुभव होने लगता है, और उसे उसका आनन्द का भास होने लगता है। यह नाइट्रोजन जनित नींद लाने वाला प्रभाव है, जो प्रायः "गहराई का रोग" कहा जाता है। जिन लोगों ने अद्भूत फिल्म "स्वर हीन सप्सार" देखा है उनको ज्ञात होगा कि अपना आत्म-नियन्त्रण (Self Control) कायम रखने के लिये, जो छोड़ कर गहराई की ओर न भागने के लिये...आदि आदि निश्चय रूप से कितने अधिक आत्म नियंत्रण की आवश्यकता होती है..."

यहाँ पर कारण यह है: दबाव रक्त में, शरीर बसा और ऐल्ब्यूमिनी ऊतकों (Adipose and Albuminous Tissues) में घुले हुए नाइट्रोजन की सान्द्रता को बढ़ा देता है।

धीरे-धीरे ऊपर उठने से घुली नाइट्रोजन की अधिकता बाहर निकलती जाती है। यह अत्यन्त आवश्यक है कि यह हाइड्रोजन शरीर से फेफड़ों से होकर बाहर निकले जिस प्रकार से उसने शरीर में प्रवेश किया था। किन्तु यदि ऊपर की चढाई तीव्र गति से होती है तो नाइट्रोजन फेफड़ों तक पहुँच पाकर रुधिर में बुलबुलों के रूप में बाहर निकल पड़ती है। ये बुलबुले कोशिका-रुधिर वाहिकाओं (apillary blood vessels) को प्रवृद्ध कर देते हैं। उस समय शरीर में भयंकर वेदना होती है और मृत्यु तक हो सकती है। उपरोक्त फिल्म में यह दिखाया गया है कि गहराई से ऊपर बहुत तेजी से आने वाले गोताखोर को किस प्रकार पर्याप्त काल तक आवात मुद्रित (hermitically sealed) कक्षा के अन्दर ऊँचे दबाव में रखा जाता है। रुधिर वाहिकाओं को प्रवृद्ध होने से बचाने-के लिए चढाई धीमे धीमे की जाती है और साधारण वायु के स्थान पर हीलियम और आक्सीजन का मिश्रण दिया जाता है। हीलियम हल्की गतिशील गैस होने के कारण शीघ्रता से शरीर से निकल जाती है।

नाइट्रोजन अपने रूप में

यदि नाइट्रोजन की -195.8° (ऋण एक सौ पंचात्रवे दशमलव आठ अंश सेंटीग्रेड) तक ठंढा किया जावे तो वह द्रव रूप में और -210.5 (ऋण दो सौ दशमलव पाच अंश सेंटीग्रेड) पर ठोस रूप में परिणत हो जाती है। उसे द्रव वायु को प्रासवित (Distil) करके प्राप्त किया जाता है।

द्रव नाइट्रोजन का उपयोग खाद्य-पदार्थों के हिमीकरण (freezing) में किया जाता है। पदार्थ को ऐसी सुई से बँधते हैं, जिससे हो कर द्रव नाइट्रोजन अन्दर समाविष्ट होता रहता है। वह पदार्थ के भीतर पवस्त होते हुए वाष्पीकृत हो जाता है और आधानपात्र (container) की कुल वायु को विस्थापित करके उसका स्थान लेता है, इसके बाद आधान पात्र को समुद्रित (hermetically sealed) कर देते हैं। उसे बगैर कोई प्रतिरिक्त ठंडक दिये हुए हर प्रकार से पृथ्वी के हर कोने में ले जाया जा सकता है। इस प्रकार का आधानपात्र न्यूयार्क से लका भेजा गया, और उसमें रखे हुये पदार्थ निदिष्ट स्थान पर हिमीकरण (Freezing) के छः सप्ताह बाद उत्तम अवस्था में पहुँचे।

नाइट्रोजन को उस जगह उपयोग किया जाता है जहाँ तटस्थ भरने वाला पदार्थ यानी तटस्थ माध्यम आवश्यक है। उसे विद्युत लैम्पों में भरा जाता है। जहाँ बेन्जीन होता है सर्वत्र आग लगने का भय बना रहता है। बिस्फोट से बचने के लिये बेन्जीन को पम्प करने के समय नाइट्रोजन का उपयोग किया जाता है। म्यूजियम में बहू मूल्य चित्र नाइट्रोजन से भरे हुए सिलिण्डरों में रखे जाते

हैं। वायु रंगों को नष्ट कर देती हैं। हमारे समय का इमका सब से प्रख्यात उदाहरण यह है कि रेपोन के चित्र 'अप्रत्याणित' ने अपने समय में ही रंगों की असाधारण चमक व ताजगी खोदी थी। समय एवं वायु ने उनको रंगों को हल्का होने के लिये विवश कर दिया था।

किन्तु ये नाइट्रोजन के उपयोग के केवल कुछ साधारण उदाहरण हैं। उत्पादित-नाइट्रोजन का मुख्य अंश अमोनिया के उत्पादन में काम आता है।

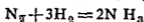
महान एन-एच थ्री (NH₃) तीक्ष्ण लालाणिक गंध वाली इस नाम से विख्यात द्रव अमोनिया को कौन नहीं जानता है? यह पानी में अमोनिया के घोल के अतिरिक्त और कुछ नहीं है।

अमोनिया नाइट्रोजन का हाइड्रोजन से यौगिक NH₃ है। नाइट्रोजन परमाणु यहां पर अपने सबसे ऊपरी पांच इलेक्ट्रॉन रखने वाली कक्षा में तीन इलेक्ट्रॉनों की कमी पूर्ति करके निष्क्रिय गैस का बाह्य कक्ष में आठ इलेक्ट्रॉन रखने वाला ढांचा धारण कर लेता है।

कमरे की परिस्थितियों में अमोनिया हल्की अत्यन्त तीक्ष्ण गंध वाली गैस होती है। यह पानी में अच्छी प्रकार घुलती है। यहां हमारे सामने एक पदार्थ का दूसरे पदार्थ में घुलने की सर्वोच्च क्षमता का उदाहरण है : एक घन मीटर हिम जल 1176 घन मीटर अमोनिया अपने में सोख सकता है। अमोनिया से भरे प्लास्क में पानी फम्बारे के रूप में तेजी से घसता है। पानी में अमोनिया की असाधारण घुलनशीलता एक लम्बे असें तक उसे गैस के रूप में प्राप्त करने में बाधक बनी रहती। केवल अठारहवीं शताब्दी में प्रीस्टली ने पारा का उपयोग करके अमोनिया को गैस के रूप में प्राप्त किया।

वायु में सदैव काफी मात्रा अमोनिया की विद्यमान रहती है। प्रायोगिक पदार्थ सड़ने पर अपनी नाइट्रोजन अमोनिया के रूप में विमुक्त करते हैं।

प्रयोगशालाओं में अमोनिया के लवणों पर अलकली (भस्म) द्वारा प्रतिक्रिया करा के प्राप्त की जाती है। अमोनिया औद्योगिक उत्पादन नाइट्रोजन का हाइड्रोजन से सीधे संयोजन करा के किया जाता है :-



यह एक आदर्श प्रतिलवणी क्रिया (typical reversible process) है, और कंसो भी परिस्थितियां हों, समाप्ति तक नहीं चलती हैं।

इस शताब्दी के प्रारम्भ में वैज्ञानिकों ने नाइट्रोजन को हाइड्रोजन से सीधे संयोजित करने का प्रयत्न ऊंचे दबावों की सहायता से प्रारम्भ किया। इन दोनों गैसों से भरे बर्तन को महासागरों की गहराई में धंसाया गया। 1901 ई. में फ्रेंच वैज्ञानिक ले शातेलिये ने एक मोटर का निर्माण किया जिसमें नाइट्रोजन

घोर हाइड्रोजन के मिश्रण को 100 वायुमंडलीय दबावों पर रखा जा सकता था। वैज्ञानिक का विचार था कि संदावित मिश्रण बिजली की चिंगारी से विस्फोटित हो जायेगा और अमोनिया प्रदान करेगा। प्रयोग सफल नहीं हुआ। सिलिण्डर के घन्दर वायु पहुँच गई और बनने वाले प्रस्फोटक मिश्रण ने सारे ढाँचे को तोड़ दिया।

इस सम्भवतः सरल, रसायनिक प्रतिक्रिया के अध्ययन में वर्षों बीत गये।

1910 ई. में स्पष्ट हुआ कि वर्ग दो मुख्य तत्वों पर काबू पाये हुए सकलता असम्भव है। ये दो तत्व थे तापमान और दबाव। वैज्ञानिकों ने हिसाब लगाया कि अमोनिया का सर्वाधिक विकास क्रिया के सर्वाधिक ऊँचे दबाव और सर्वाधिक नीचे तापमान पर चलने से होता है।

दबाव तो बहुत ऊँचे स्तर तक बढ़ाया जा सकता है पर तापमान.....। यदि क्रिया ऊँचे तापमान पर चलाई जाती है तो अमोनिया का विकास अत्यन्त तुच्छ हो जाता है और यदि उसे एक सीमा से अधिक नीचे ले जाते हैं तो प्रतिक्रिया बहुत कम उपन्न होती है।

इस प्रकार वैज्ञानिक और टेक्नोलॉजिस्ट सीला और चिरैबिडीज के मध्य में पड़ गये तब तीसरा शक्तिशाली तत्व—उत्प्रेरक—इस रुकावट को तोड़ने वाले बिलक्षण कपोत के रूप में प्रगट हुआ।

यह उत्प्रेरक क्या वस्तु है ?

यह वह पदार्थ है जो रसायनिक प्रतिक्रिया की गति में परिवर्तन उपस्थित करता है, उत्प्रेरक प्रतिक्रिया में भाग लेता है, किन्तु उसके अन्त में वह अपने प्रारम्भिक स्वरूप में पुनः स्थापित (Restore) है। प्रकृति में प्रयोगशाला के कारखानों में अधिकांश रसायनिक प्रतिक्रियाएँ उत्प्रेरकों की सहायता से ही सम्पन्न होती हैं। विविधता से भरी हुई उत्प्रेरण की कुल क्रियाएँ दो किस्मों में विभक्त की जा सकती हैं : समांगी (homogeneous) और विषमांगी (heterogeneous) उत्प्रेरण। समांगी, दूसरे शब्दों में एक समान (uniform), उत्प्रेरण उस समय उपस्थित होता है जब प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थ तथा उत्प्रेरक एक ही भौतिक अवस्था में होते हैं, यानी वे सब या तो गैस होते हैं या घोल में होते हैं। विषमांगी उत्प्रेरण उस समय पर्यवेक्षित किया जाता है जब प्रतिक्रिया में असमान पदार्थ भाग लेते हैं जैसे गैस और ठोस पदार्थ। इस प्रकार के उत्प्रेरण का एक उदाहरण अमोनिया का संश्लेषण है।

उत्प्रेरक की क्रियाशीलता किस बात में निहित है ?

इस प्रश्न का उत्तर साधारण नहीं है। उत्प्रेरण की प्राकृतिक घटना का

अध्ययन अभी भी पूरी तीर से नहीं हो पाया है। अनुसन्धानकर्ताओं के दृष्टिकोणों में विभिन्नताएँ हैं। यहां हम सबसे सरल और प्रचलित दृष्टिकोण प्रस्तुत करेंगे। किन्तु रासायनिक प्रतिक्रिया की गति के परिवर्तनों के बारे में कुछ कहने के पूर्व यह बताना है कि यह है क्या ?

रासायनिक प्रतिक्रिया की गति समय की किसी इकाई में प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों की सान्द्रता के परिवर्तन से लाक्षणिक होती है। उदाहरण के लिये एक साधारण फौलाद के कलम को जलाने का प्रयत्न कीजिए। यह गैस बर्नर की सहायता से भी करना आसान न होगा। अधिक से अधिक घाप उसे लाल गर्म करने में सफल हो सकेंगे। पर केवल गर्म किये हुये कलम को आक्सीजन से भरे हुए मर्तबान (Jar) में डालिए और वह चिंगारी छोड़ता हुआ जलने लगेगा। मर्तबान में आक्सीजन की सान्द्रता वायुमण्डल की वायु की अपेक्षा पांच गुना अधिक है। इसी कारण लोहे की आक्सीजन से पारस्परिक अभिक्रिया की गति भी मर्तबान में तेजी से बढ़ जाती है।

वैज्ञानिकों ने 'प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों की सान्द्रता की प्रतिक्रिया की गति पर प्रभाव' का नियम ज्ञात कर लिया है। इसे प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों का नियम कहते हैं और वह इस प्रकार लिखा जाता है : रासायनिक प्रतिक्रिया की गति प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों के सान्द्रणों के गुणांक से अनु-सोमानुपात (Direct proportion) रखती है।

प्रतिक्रिया $A + B = C$ के लिये उपरोक्त नियम इसी प्रकार प्रदर्शित किया जाता है।

$V = K [A] [B]$ जहाँ v प्रतिक्रिया की गति, K गति का स्थिरांक (constant) $[A]$ और $[B]$ क्रमशः A तथा B पदार्थों के सान्द्रण इंगित करते हैं।

प्रमोनिया के संश्लेषण की प्रतिक्रिया $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ की गति इस प्रकार व्यक्त की जा सकती है :

$$V = K [N_2] [H_2]^3$$

प्रतिक्रिया की गति तेज करने में उत्प्रेरक क्या भूमिका भटा करता है ?

विषमांगी उत्प्रेरण के समय उत्प्रेरक का बाह्य धरातल प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों को घपने में अज्व करता है। प्रत्येक अणु का घपना बाह्य बल-क्षेत्र (outer field of force) होता है, तो उसका बल-क्षेत्र दूसरे अणुओं के उमी प्रकार के बल क्षेत्रों से साम्यावस्था (equilibrium) प्राप्त कर लेता है। किन्तु उत्प्रेरक के बाह्य धरातल पर स्थित अणु का बल-क्षेत्र बाहर की ओर

से संतुलित नहीं हो पाता है। उत्प्रेरक पदार्थ के ऊपरी घरातल पर उपस्थित घणु का स्वतन्त्र बल क्षेत्र अपने बाह्य के माध्यम के कणों को अपनी ओर आकर्षित करता है। अधिशोषण (absorption) की क्रिया उपस्थित होती है। गैसों, वाष्पों और घुले हुए पदार्थ का अधिशोषण अधिशोषी पदार्थ के घरातल पर होने लगता है।

इस प्रकार पहली मंजिल में उत्प्रेरक प्रतिक्रिया करने वाले पदार्थों को अपने घरातल पर जड़ करता है, उनके सान्द्रण को ऊँचा करता है, जिसके फलस्वरूप प्रतिक्रिया की गति में तेजी आती है।

इसके अलावा उत्प्रेरक अधिशोषित (absorbed) घणुओं को सक्रिय बना देता है। वे अनअवशोषित (unabsorbed) घणुओं की अपेक्षा बहुत अधिक ऊर्जाशील (energetic) हो जाते हैं, अधिक टकराते और अधिक प्रतिक्रिया करते हैं और सामान्यतः से प्रतिक्रिया की गति तेजी से बढ़ जाती है।

यह बताना आवश्यक है कि उत्प्रेरक अत्यन्त निर्वाचकीय ढंग से क्रिया करता है। वह मनमौजी होता है। एक प्रतिक्रिया की गति को वह तेजी से बढ़ा सकता है और दूसरी प्रतिक्रिया की गति में हो सकता है वह बिल्कुल ही कोई प्रभाव न डाले। प्रतिक्रिया के लिये ठीक उत्प्रेरक का चुनना एक जटिल कार्य है। इसके लिये कोई स्पष्ट रूप से विकसित सिद्धान्त नहीं है।

फिर भी रसायनिक उद्योग में उत्प्रेरकों के मूल्य का अत्यन्त overestimation) नहीं हो सकता। उत्प्रेरक के ठीक चुनाव और उसकी तैयारी की महत्ता अमोनिया के संश्लेषण के उदाहरण में प्रगट होती है। यहाँ अचछा और सस्ता उत्प्रेरक विशेष रूप से तैयार किया हुआ लोहा मालूम हुआ। अल्युमिनियम-आक्साइड की मिलावट लोहे की उत्प्रेरण शक्ति को कई गुना बढ़ा देती है। किन्तु इस शक्तिशाली त्वरक (accelerator) की उपस्थिति में भी अमोनिया के संश्लेषण की क्रिया जटिल होती है। वह सम्पर्क-उपकरण (Contact apparatus) में सम्पन्न होती है; मोटी चद्दर के सिलिण्डर में, जो उत्तम कोटि के फोलाद से बना होता है और 500°C का तापमान एवं 250-300 वायुमण्डलीय दबावों के सहने की क्षमता रखता है। उपकरण में नीचे की ओर से 1:3 के अनुपात में नाइट्रोजन और हाइड्रोजन का मिश्रण प्रवेश करता है। गैसों उपकरण के अन्दर स्थित शायिकाओं (shelves) में रखे उत्प्रेरकों से होकर गुजरती हैं और उत्प्रेरकों के घरातलों पर प्रतिक्रिया सम्पन्न करती हुई अमोनिया बनाती हैं। यह स्वतः सिद्ध है कि इस प्रकार के सम्पर्क-उपकरणों को उत्पादन क्षमता में बहुत कुछ कमी बाकी रह जाती है। रसायन-शास्त्री उत्पादन

क्षमता बढ़ाने के रास्ते, मुख्यतः उत्प्रेरक की फल प्रदत्ता ऊँचा करके खोज रहे हैं। सोवियत इन्जीनियर-रसायन शास्त्रियों ने उत्प्रेरक की कूट-घावन¹ (अथवा कूट तरलित) परत का उपयोग करके एक विधि निकाली है। इस विधि का अभी तक बहुत ऊँचे दबावों पर चलने वाली क्रियाओं में, जैसा कि अमोनिया के सश्लेषण की क्रिया है, प्रयोग नहीं किया गया था।

कूट-घावन (Pseudo wash) परत सूक्ष्म ठोस कणों की एक विशेष अवस्था होती है जिसमें वे नीचे से आने वाली गैस में उबल से रहे होते हैं।

उत्प्रेरक को शायिकाओं में नहीं रखा जाता है, वरन् ऊँचे दबाव के अन्तर्गत नीचे से प्रवेश होने वाली गैस की धारा में वे 'उबलते' से रहते हैं। यह स्पष्ट है कि नाइट्रोजन और हाइड्रोजन यहाँ पर कहीं अधिक पूर्णता से प्रतिक्रिया करते हैं, क्योंकि प्रथमतः उपकरण में कहीं अधिक उत्प्रेरक पदार्थ की मात्रा होती है, दूसरे उत्प्रेरक का घरातल कहीं अधिक बड़ा होता है। निश्चय ही उसे खूब महीन पीस लिया जाता है और वह निरन्तर गति में रहता है तथा गैसों को उसके घरातल तक पहुँचाने में बड़ी आसानी होती है।

ठण्डक देने की सेवा

ग्रीष्म ऋतु के दिनों में खूब ठंडा दूध तथा बर्फ की भाँति ठण्डा फलों का शर्बत पीना भला मालूम होता है। और हम नहीं चाहते कि मक्खन, सासेज और ताजी मछली गर्मी से खराब हों। इसके लिए केवल रिफ्रिजरेटर की आवश्यकता है, जो अधिकतर द्रव अमोनिया से काम करता है।

ठंडा करने की (रिफ्रिजरेटिंग) मशीनों की कार्य प्रणाली का आधार इस तथ्य में निहित है कि गैस को सीमित जगह में दबाने से वह गर्म हो जाती है। संदाबित (Compressed) गैस को वाद में फैला कर ठंडा करने से बहुत तेज ठंडक उत्पन्न होती है। अमोनिया का प्रयोग निम्न तापोत्पादक (प्रशोतक) पदार्थों के रूप में किया जाता है क्योंकि पानी की भाँति उसकी भी वाष्पन की गुप्त ऊष्मा (latent heat of evaporation) बहुत ऊँची होती है। रिफ्रिजरेटिंग प्लांट में अमोनिया निरन्तर काम्प्रेसर के द्वारा पानी में ठंडा होते हुए सर्पिल पाइप (coil) में भरी जाती है। यहाँ पानी अमोनिया की ऊष्मा, जो दबाव (compression) के समय उन्मुक्त करती है, ले लेता है। अमोनिया द्रवित हो जाती है और एक छोटे छिद्र से होकर दूसरे सर्पिल में प्रवेश करती है, जो कॅल्शियम क्लोराइड के सांद्र विलयन (Strong Solution) में डूबा होता है। यहाँ अमोनिया वाष्पीकृत हो जाता है और इसनी ऊष्मा सोख लेता है कि कॅल्शियम क्लोराइड में रखे हुये बर्तनों का पानी जम जाता है।

1. रूसी भाषा में इसे स्नूडो आभीके नी स्लॉय कहते हैं।

पृथ्वी पर जीवन का प्रादुर्भाव और अमोनिया

एक समय था जब पृथ्वी पर उपस्थित भौतिक अवस्थायें ऐसी नहीं थी जैसी आज हैं। प्राधुनिक वैज्ञानिकों में अधिकांश का झुकाव इस धारणा की ओर है कि अपने विकास की प्रारम्भिक मजिलों में पृथ्वी का वायुमण्डल आज की भांति आवस्यकारक नहीं था, यह अविकारक था। उसमें मीथेन, अमोनिया, हाइड्रोजन और जल था। हर प्रकार से यह निश्चित है कि अमोनिया ने जीवन के उद्भव में बड़ी महत्वपूर्ण भूमिका अदा की।

उस समय के पृथ्वी के वायुमण्डल को सर्वाधिक शक्तिशाली विद्युत् प्रभारों, ऊँचे तापमान, प्रबल पारजम्बु विकीरण (ultraviolet radiation) का प्रभाव सहना पड़ा। इन सबके सामूहिक प्रभाव से प्रागैतिक पदार्थ बना।

हमारे समय में वैज्ञानिक एस० मिलर ने प्रयोगशाला की दशाओं में इसी प्रकार का संश्लेषण कार्यान्वित किया है। पानी की वाष्प, हाइड्रोजन, मीथेन, तथा अमोनिया के मिश्रण से होकर उसने एक सप्ताह तक विद्युत्-चिंगारी (electric spark discharge) पारित की, जिसके बाद बर्तन में एमिनो अम्लों (Amino acids) का मिश्रण (ग्लाइसिन glycine) एलानाइन (alanine), ऐस्पाटिक एसिड (Aspartic acid) प्राप्त हुआ। ये अम्ल ऐल्ब्युमिन का संघटक भाग (Component part) होते हैं।

वनस्पति की उत्पत्ति के साथ ही पृथ्वी के अवकारक (Reducing) वायुमण्डल ने धीमे-धीमे आवस्यकारक होना प्रारम्भ कर दिया। वनस्पतीय द्वारा पदार्थ सूर्य-रश्मियों के प्रभाव से अनेकों मिलियनों वर्षों के दौरान कार्बोनिक एसिड गैस को अपने से बाँधता हुआ आवस्यजन उन्मुक्त करता रहा।

जीवनदायी नाइट्रोजनिक रस

मध्य युग में ही वैज्ञानिक यह अनुमान करने लगे थे कि मिट्टी की उर्वरता का सम्बन्ध "जीवन दायी नाइट्रोजनिक रस" से है।

विख्यात रूसी अणु-जीव-विज्ञान शास्त्री (microbiologist) वे. एन. प्रोमेल्यान्स्की ने लिखा है, "नाइट्रोजन साधारण जैवीय दृष्टिकोण से सर्वाधिक विरल राजसी धातु (rare noble metal) से भी अधिक बहुमूल्य है।" इससे असाहजत होना असम्भव है। निश्चय ही, नाइट्रोजन मूलतः रोटी, मांस, दूध, मक्खन (तेल) है।

प्रतिवर्ष संसार की फसलें पृथ्वी से 25 मिलियन टन नाइट्रोजन निकाल लेती हैं। पृथ्वी की उर्वरता का स्तर कायम रखने के लिए प्रतिवर्ष पृथ्वी से निकाली जाने वाली नाइट्रोजन को पुनर्स्थापित कर देना आवश्यक है।

1898 ई. में विख्यात अंग्रेज भौतिकशास्त्री जेम्स ने भविष्यवाणी की,

कि नाइट्रोजन की भूल ही मानवता के विनाश का कारण होगी। उसने कहा कि पृथ्वी नाइट्रोजन से खाली हो रही है। उसकी उर्वरक शक्ति को ऊंचा करने के लिए वायुमण्डल की नाइट्रोजन को विबंधित करना आवश्यक है, क्योंकि पृथ्वी पर उसका एकमात्र भण्डार, जो चिली के साल्ट पीटर के रूप में है प्रतिवर्ष भयंकर रूप से कम होता जा रहा है।

उसी वर्ष क्रूक्स की उपरोक्त भविष्यवाणी के प्रवसर पर क. भ. तिमिर्मा-जेव सामने आया, उसने 1783 ई. के कैवेन्डिश के प्रयोगों का स्मरण कराया जब उसने वायुमण्डलीय (atmospheric) वायु में विद्युत्-चिन्गारी पारित (pass) करते हुए नाइट्रोजन-हाइड्राइड प्राप्त की थी।

बीसवीं शताब्दी के प्रारम्भ में नाइट्रोजन की आक्सीजन के साथ पारस्परिक प्रतिक्रिया का तेजी के साथ अध्ययन प्रारम्भ हुआ।

यह प्रतिक्रिया प्रतिवर्ती (Reversible) होती है। इसके लिए अनुकूलतम दशार्थे उच्चतम तापमान और साधारण वायुमण्डलीय दबाव हैं। समझा जावेगा कि बहुत साधारण बात है--हवा धोकिए, और अग्नि को ईंधन दीजिए वस समस्या हल है ?

यहां वैज्ञानिक एक महत्वपूर्ण "किन्तु" से टकरा गये। यह प्रकट हुआ कि नाइट्रोजन के आक्साइड शन-शन शीतल होने के समय अपने अवयवभूत अणुओं में पुनः विघटित हो जाते हैं। संतुलन दायी और हट जाता है। इन्जीनियरों के समक्ष समस्या थी कि नाइट्रोजन-आक्साइड को किस प्रकार तेजी से 1000°C के नीचे तापमान पर लावें।

विद्युत् आर्क हमारी सहायता को आया। वह एक सीमित क्षेत्र में अत्यन्त ऊंचा तापमान निर्मित करता है, जिससे मिली हुई वायु की परतें तेजी से नीचे गिरे हुए तापमान पर होती हैं। बनने वाली आक्साइड विद्युत् आर्क के ऊंचे तापमान वाले कटिबन्ध से बाहर निकलने पर तेजी से ठंडी हो जाती है और अपने अवयव भूत अणुओं में विघटित नहीं हो पाती है।

1908 ई० में विद्युत् आर्क की सहायता से वैज्ञानिक बर्कलेड और इन्जीनियर हाइड-नाइट्रोजन आक्साइडों का 4-7 प्रतिशत निकास प्राप्त कर सके।

फिर भी, बर्कलेड और हाइड को स्वयं प्रकृति ने वायुमण्डलीय नाइट्रोजन विबंधित करने की विधि की ओर संकेत किया। वर्षा प्रत्येक बिजली की वक्र दमक के साथ पृथ्वी पर लगभग डेढ़ टन नाइट्रोजन आक्साइड ले आती है। एक वर्ष में आसमान की बिजली पृथ्वी के धरातल के प्रत्येक वर्ग मीटर 600 किलो-ग्राम तक नाइट्रोजन-आक्साइड बनाती है। सोवियत वैज्ञानिक एन. प्र. जुवारेव ने बिजली के कार्य को सुव्यवस्थित करने वाली उसके आघात को आवश्यक

स्थान पर निर्देशित करने का सुझाव पेश किया। वह सलाह देता है कि तूफान के पूर्व प्रकाश में छोटा रबड़ का गुठ्ठारा शतांश मिलीमीटर के महीन तार पर भेजा जावे। दामिनी तत्काल तार को वाष्प में परिणत कर देगी फिर भी प्रायः-कृत ग्रणुओं से निर्देशित होते हुए, प्रथमतः नाइट्रोजन को प्रायः-संयोजित करते हुए वह पृथ्वी पर चली प्रायेगी।

वनस्पति और जीवन के लिये अमोनिया

प्रथम विश्व युद्ध के पूर्व कम खर्चीली अमोनिया विधि ने बहुत अंशों तक विद्युत् शक्ति द्वारा नाइट्रोजन विबंधन (fixation of nitrogen) की विधि को विस्थापित कर दिया था। इस विधि को, जिसका उल्लेख ऊपर किया जा चुका है, एफ. गाबेर ने 1908 ई० में निकाला था।

प्राप्त की जाने वाली अमोनिया का मूल अंश नाइट्रिक अम्ल और अमोनियम के लवणों के उत्पादन में काम आता है, जिनमें खनिज खादें प्राप्त की जाती हैं, जो विशेष रूप से हाल के समय से बढ़ गया है। मिट्टी की उर्वरता पर अपने प्रभाव के दृष्टिकोण से वह, उदाहरण के लिये, अमोनियम सॉल्ट पीटर (अमोनिया नाइट्रेट) से कम नहीं है और उससे कहीं अधिक सस्ता पड़ता है। पर अमोनिया गैस है, जिसे मिट्टी में प्रविष्ट करना सरल नहीं है, इसलिए उसे द्रव नाइट्रोजनिक खादों के रूप में उपयोग करते हैं, जिन्हें प्राप्त करने के तीन तरीके हैं। प्रथम विधि है अमोनिया गैस को द्रव अमोनिया में बदल लेने की। दूसरी विधि है द्रव-अमोनिया में अमोनियम सॉल्टपीटर (ammonium nitrate) अथवा यूरिया का घोल बनाने की। इस प्रकार के घोलों को अमोनिया द्रव कहते हैं। और तीसरी विधि है द्रव अमोनिया (liquid ammonia) अमोनिया का पानी में घोल—को खाद के रूप में प्रयोग करने की।

द्रव अमोनिया नाइट्रोजनिक खादों का सर्वाधिक सांद्र रूप है। उसमें 82.3 प्रतिशत नाइट्रोजन होती है। उसका उबलने का निम्न ताप बिन्दु (low boiling point) उसके उपयोग की बहुत जटिल बना देता है।

अमोनिया द्रवों में 30-50 प्रतिशत तक नाइट्रोजन होती है किन्तु उनको एक स्थान से दूसरे स्थान पर ढोना कठिन होता है। वे लोहस धातुओं (Ferrous metals) में तेजी से जग (rust) लाते हैं। इसके साथ ही उन्हें केवल गर्म जल में ही प्रयोग किया जा सकता है, क्योंकि 10°C के नीचे तापमान पर इनके लवण अवक्षेपित (precipitate) हो जाते हैं।

सोवियत संघ में कृषि उद्योग में जलीय अमोनिया का सर्वाधिक उपयोग किया जाता है। यह सुविधापूर्वक, सरलता से संचित (Preserve) की जा

सकती है। वह कठिन ठंडक में जमती नहीं है और उसमें 20 प्रतिशत तक नाइट्रोजन होती है।

1959 ई० में सामूहिक एवं राज्य फार्मों की 240 हजार हेक्टेयर भूमि को द्रव नाइट्रोजनिक खादों मूलनः जलीय अमोनिया, से उर्वरीकृत किया गया था, जिससे श्रम का व्यय (Expenditure of labour) तीन गुणा कम हो गया था। जलीय अमोनिया ने प्रति हेक्टेयर 8 सेंटनेयर घनाज और 25 सेंटनेयर तक घालू की बढ़ती दी।

यूरिया, जो साधारण तौर से अत्यन्त बहुमूल्य पदार्थ है और विशेष रूप से अत्यन्त बहुमूल्य खाद है, के उत्पादन में अमोनिया प्रारम्भिक पदार्थ के रूप में प्रयोग किया जाता है :



यूरिया प्रथम आर्गेनिक पदार्थ है, जो सश्लेषण से प्राप्त किया गया। 1824 ई. में बेलेर ने, अमोनियम सायनाइड व पानी में घोल को वाष्पीकृत करते हुए, यूरिया प्राप्त की। अब तक अधिकांश वैज्ञानिक यह सोचते थे कि मनुष्य कृत्रिम रूप से आर्गेनिक पदार्थ नहीं प्राप्त कर सकता है। उसकी राय में केवल जैवीय शरीर ही विशेष, रहस्यमय, 'प्राण शक्ति' के प्रभाव से आर्गेनिक पदार्थ निर्माण करने की क्षमता रखते थे। इन आर्गेनिक पदार्थों से आर्गेनिक पदार्थ यूरिया का सश्लेषण "प्राण शक्ति" के सिद्धान्त पर प्रथम आघात था।

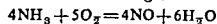
यूरिया अत्यन्त सांद्रित खाद होती है। उसमें 46.7 प्रतिशत नाइट्रोजन होती है। नाइट्रोजन की मात्रा की दृष्टि से 100 किलोग्राम यूरिया 300 किलोग्राम मोडियम नाइट्रेट अथवा 225 किलोग्राम अमोनिया सल्फेट के बराबर होता है। पौधे यूरिया की नाइट्रोजन अत्यन्त सरलता से स्वांगीकृत (assimilate) कर लेते हैं। यह खाद हर प्रकार की मिट्टियों और हर प्रकार की फसलों के लिये उपयुक्त होती है। यूरिया मिट्टी में प्रवेश करके कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस और अमोनिया में विघटित हो जाता है। अमोनिया बाद को नाइट्रिक एसिड में आक्सीकृत हो जाता है और पौधों को आसानी से स्वांगीकृत होने वाला नाइट्रोजनिक भोजन प्राप्त हो जाता है। पशुओं को भी यूरिया का भोजन दिया जाता है। सप्तवर्षीय योजना के अन्त में सोवियत संघ में पशुपालन के लिये लगभग 800 हजार संश्लेषित यूरिया तैयार की जायेगी।

जाबिर का जल

अमोनिया के उत्पादन की विधि निकालने के साथ ही साथ वैज्ञानिकों और इन्जीनियरों ने उसके नाइट्रिक अम्ल में आक्सीकृत करने की विधि का भी अध्ययन किया।

1917 ई में इ-इ. आन्ड्रेयेव और एन. एम कुलेपेतोव इन्जीनियरों की योजना के अनुसार रूस में प्रथम नाइट्रोजन का कारखाना अमोनिया को सम्पर्क विधि से आक्सीकृत करने का योजोक्व में खोला गया ।

आक्सीकरण की प्रक्रिया कुछ मंजिलों में विभक्त की जा सकती है,



यह प्रतिक्रिया उत्प्रेरक के घरातल पर सम्पन्न होती है, जब अमोनिया और वायु का मिश्रण (1.9) प्लैटिनम के जाल (grid) से, 600°C तापमान तक गुंम किया जाता है, गुजरता है ।

नाइट्रोजन-आक्साइड सरलता से नाइट्रोजन-डाइ-आक्साइड से आक्सीकृत हो जाता है । इसके बाद नाइट्रोजनिक गैस अधिशोषण मीनार (absorption tower) में नीचे प्रवेश करनी है, जिसमें फुहारों के रूप में पानी उसे मिलता है । जो तनूकृत अम्ल प्राप्त होता है, वह प्रबल सल्फूरिक अम्ल की उपस्थिति में सान्द्रित होता है । सल्फूरिक अम्ल पानी सोख लेता है । दोनों अम्लों के मिश्रण से नाइट्रिक एसिड को आसवन (distillation) द्वारा पृथक् किया जाता है । 50 वायुमण्डलीय दबावान्तर्गत पानी अवका तनूकृत नाइट्रिक अम्ल की द्रव N_2O_4 और आक्सीजन से पारस्परिक प्रतिक्रिया के समय भी सान्द्रित नाइट्रिक अम्ल प्राप्त किया जा सकता है ।

नाइट्रिक एसिड का ज्ञान मनुष्य को प्राचीन काल से है । उसका पहला जिक्र बारहवीं शताब्दी के लीजेन्डरी कीमियागर जाबिर की पुस्तक में मिलता है, उसने नाइट्रिक एसिड का वर्णन जल कह कर किया है और उसे मनुष्य के हाथों में एक महान् शक्ति माना है ।

श्री वस्तुतः, नाइट्रिक एसिड महत्वपूर्ण रसायनिक योगिकों में है । शुद्ध रूप में वह रंगहीन द्रव होता है जो पानी से ढेढ गुना भारी होता है । प्रबल नाइट्रिक एसिड शक्तिशाली विलायक है, राजमी (noble) धातुओं के अतिरिक्त सभी धातुओं उसमें घुल जाती हैं । वह भागोन्निक पदार्थों पर विध्वंसकारी प्रभाव प्रगट करती है ।

मध्य युग में अम्ल-राज (Aqua regia) कहलाने वाला प्रबल नाइट्रिक एसिड के एक अंश का हाइड्रोक्लोरिक एसिड के तीन अंशों में मिश्रण प्राप्त हो गया था । यह मिश्रण प्लैटिनम और सोने को अपने में घोल लेता है । इस कीमियागर "सिंह सूर्य को हड़प लेता है" कह कर व्यक्त करते थे । राजसी धातुओं का अम्लराज में विलयन स्वतन्त्र क्लोरिन के बनने के कारण होता है ।

नाइट्रिक अम्ल के लक्षण—अमोनिया नाइट्रेट, सोडियम नाइट्रेट, पोटेशियम नाइट्रेट और कैल्शियम नाइट्रेट प्रसिद्ध खादें हैं । अमोनियम नाइट्रेट NH_4

NO_2 श्वेत से लेकर गहरे नीले तक के विभिन्न रंगों का मणिभीकृत लक्षण होता है। वह अत्यन्त आद्रताही (hygroscopic) होता है। वह 200°C तापमान पर नाइट्रस-प्राक्साइड और जल में विघटित हो जाता है। इससे ऊँचे तापमानों पर अमोनिया नाइट्रेट विस्फोटित हो जाता है। 1921 ई. में जर्मन के भोपाय के कारखाने में 3200 टन अमोनियम-नाइट्रेट के मिश्रण में विस्फोट हो गया और 4 किलोमीटर व्यास के घेरे में कुल भौद्योगिक संस्थान एवं आवास गृह समाप्त हो गये।

अमोनियम नाइट्रेट में 35 प्रतिशत नाइट्रोजन होती है। वह पानी में भली प्रकार घुलता है। उसका खनिज खाद के रूप में विस्तृत उपयोग किया जाता है। उसमें हानिकारक एवं अलाभकर मिलावटें नहीं उपस्थित होती हैं। इस लक्षण को पीछे आसानी से स्वांगीकृत कर लेते हैं। अमोनियम नाइट्रेट को दूसरी खनिज खादों—सुपर फास्फेटों और पोटेशियम लवणों—के साथ भी उपयोग किया जाता है।

सोडियम-नाइट्रेट Na NO_3 ऊपरी दिखावे में सोडियम-क्लोराइड के समान होता है जैसा अमोनियम-नाइट्रेट होता है। संचित करने से वह नम हो जाता है और तेज गर्म करने से जल उठता है। सोडियम नाइट्रेट में कुल 15 प्रतिशत नाइट्रोजन होता है, विशेष कर चुकन्दर की खेती के लिए।

पोटेशियम नाइट्रेट का उपयोग काली मिट्टी के क्षेत्रों में सफलतापूर्वक किया जाता है। वह, सोडियम-नाइट्रेट की भाँति ही, मिट्टी की अम्लता को कम करता है।

नाइट्रोजन को पालतू करने का काम अब भी जारी है

रसायनशास्त्रियों ने 'नाइट्रोजनीय-भूख' के दृढ़ अस्थिमय हाथों को परास्त किया और वायुमंडलीय नाइट्रोजन को अनुबन्धित करने की समस्या का हल प्राप्त किया। किन्तु इसका यह अर्थ नहीं है कि यह समस्या अन्तिम रूप से हल हो गई है।

सारे संसार के वैज्ञानिक अधिक सस्ते और अधिक फलोत्पादक तरीके नाइट्रोजन को अनुबन्धित करने के खोज रहे हैं। उनके खोजों की दो दिशाएँ हैं : बायोलाजिकल (जैवीय) एवं टेक्निकल (प्राविधिक)। बायोलाजिकल नाइट्रोजन—क्लोवर (clover) ल्यूसर्न, दालों (leguminous plants) की नाइट्रोजन है या अधिक उपयुक्त शब्दों में नाइट्रोजन अनुबन्धित करने वाले जीवाणुओं (bacteria) की नाइट्रोजन है।

सर्वाधिक नम्र गणना के अनुसार अनेकों मिलियन बैक्टीरिया 400 मिलियन टन से ऊपर एक वर्ष में अनुबन्धित करता है।

पिछले समय में सोवियत वैज्ञानिक ई. ई. घोरोविन्स्की ने एक नई प्रकार का नाइट्रोजन बैक्टीरिया प्राप्त किया है। घालू के कन्ड (tuber) में बढ़ता हुआ कुछ घटों में वह उसमें से नाइट्रोजन की मात्रा घाट गुना बढ़ा देता है। इस घालू को पालतू पशु बड़े चाव से खाते हैं। दूध पीते मुषर के बच्चों का दैनिक भार इस घालू के खाने से 70-80 प्रतिशत ऊंचा हो गया।

इस प्रकार नाइट्रोजन-बैक्टीरिया की यह किस्म ललचाने वाले गुण रखती है। प्रथमतः वह कृत्रिम माध्यम में वृद्धि करती है अर्थात् उसे प्रयोगशाला में प्राप्त किया जा सकता है। दूसरे, उसकी जैविक सक्रियता (vital activity) की उपजें सीधे पशुओं द्वारा स्वांगीकृत की जा सकती हैं।

तकनीक नाइट्रोजन (वामोलोजिकल नाइट्रोजन से भिन्न) की प्राप्ति की विधियों का सशोधन अभी प्रयोगशालाओं में चल रहा है। वैज्ञानिकों ने नाइट्रोजन को विद्युत प्रभार द्वारा सीधे प्राक्सीकृत करने की धोर, वर्कलैंड की विधि की धोर अपना ध्यान फेरा। धमोनिया विधि अच्छी है, किन्तु वह नाइट्रोजन की बड़ी मात्रा के जलाने पर प्राधारित है, जिसका उत्पादन महंगा होता है। वर्कलैंड की विधि विद्युत् ऊर्जा की बड़ी मांग करती है। किन्तु हमारे समय में उच्चवृत्ति प्रभार (High frequency discharge) के भौतिक शास्त्रियों धोर टेक्नीशियनों ने बड़ी सफलता प्राप्त की है। विद्युत् ऊर्जा प्रतिघर्ष सस्ती होती जाती है, नाइट्रोजन वायु में पर्याप्त से प्राधिक है, सीधे नाइट्रोजन को प्राक्सीकृत करने के कारखानों की मशीनरी सरल होती है, धोर साथ ही साथ कारखाने को नाइट्रोजनिक खादों की मांग के क्षेत्र में रखा जा सकता है। इस समय भी प्रयोगशाला में एक किलोवाट प्रति घण्टा ऊर्जा में दो ग्राम धणु (mole) से ऊपर NO विद्युत्-प्राक के विधि में प्राप्त किया जाता है।

3-4 ग्राम-धणुओं के विकास के समय सीधे प्राक्सीकृत करने की विधि ऊर्जा की दृष्टि से धमोनिया विधि से तुलना करती है। इसमें सन्देह नहीं कि भविष्य नाइट्रोजन को उच्चवृत्ति प्रभार द्वारा सीधे प्राक्सीकृत करने की विधि के साथ है।

आक्साइडों का परिवार

“हंसाने वाली गैस (नाइट्रस आक्साइड N_2O) नाइट्रिक अन्हाइड्राइड (नाइट्रोजन पेन्टाक्साइड N_2O_5) से कितनी भिन्न होती है ! पहला पदार्थ गैस है, दूसरा साधारण तापमान पर ठोस मणिम बनाता है। साथ ही, उनके मध्य बनावट के दृष्टिकोण से कुल अन्तर इस बात में सीमित है कि दूसरे पदार्थ में पहले पदार्थ की अपेक्षा प्राक्सीजन पांच गुना अधिक होती है और इन दोनों पदार्थों के मध्य तीन अल्प नाइट्रोजन की आक्साइडें स्थित हैं...., जो इन दोनों

भावसाइडों से और आपस में एक दूसरे से गुणों में विभिन्नता रखती है।' इस प्रकार एंगेल्स ने अपनी पुस्तक 'प्रकृति की द्वन्द्वात्मक पद्धति (Dialectics of nature)' में नाइट्रोजन के भावसाइडों के विषय में लिखा है।

नाइट्रोजन के भावसाइड पाँच हैं :

N_2O	NO	N_2O_3	NO_2
नाइट्रस भावसाइड	नाइट्रिक भावसाइड	नाइट्रस अन्हाइड्राइड	नाइट्रिक डाइ-भावसाइड

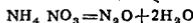
N_2O_5
नाइट्रिक अन्हाइड्राइड

हमारे सामने परिमाणात्मक परिवर्तन से गुणात्मक परिवर्तन प्राप्त होने के द्वन्द्वात्मक भौतिकवाद के नियम का जीता जागता उदाहरण है।

नाइट्रस-भावसाइड-नाइट्रोजन की सबसे निम्न भावसाइड—का सर्व प्रथम वर्णन अठारहवीं शताब्दी के अन्त में प्रिस्टली ने किया था। अंग्रेज रसायन-वैज्ञानिक को गैस ने बहुत आश्चर्य व्यक्त किया : एक ओर वह कुल जीवों के लिये विष थी, तो दूसरी ओर वह साधारण वायु की भाँति ही प्रज्वलन की परिपोषक थी।

निश्चय ही प्रिस्टली और उस समय के कुल वैज्ञानिक श्वसन (breathing) को प्रज्वल (burning) से पृथक नहीं समझते थे।

प्रयोगशाला में नाइट्रस भावसाइड को अमोनियम नाइट्रेट को $200^{\circ}C$ के तापमान तक गर्म करके प्राप्त करते हैं।



यह योगिक अस्थायी होता है और इसमें हाइड्रोजन, कोयला, मिट्टी का तेल उसी प्रकार भली भाँति जलता है जैसे कि शुद्ध आक्सीजन में।

नाइट्रस भावसाइड का सर्वाधिक विशेषता सूचक लक्षण, जिसने अठारहवीं शताब्दी के अन्त में कुल वैज्ञानिकों को ही नहीं, सारे-संसार को आश्चर्य में डाल दिया था, उसका शारीरिक क्रिया पर प्रभाव दास्तने वाला (Physiological) गुण था, जिसे डेवी ने सन् 1798 ई० में खोजा था। नाइट्रस भावसाइड—हसाने वाली गैस—के साँस लेने से मनुष्य प्रबल उत्तेजित अवस्था में, नशे की हासत में हो जाता है।

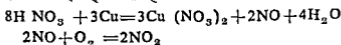
एक हमारे समकालीन के प्रमाणानुसार, जो नाइट्रस भावसाइड द्वारा उत्पन्न मादकता की लीलाओं के एक अवसर पर मौजूद थे, "कुछ सम्य-पुरुष मेजों और कुर्सियों के चारों ओर नाचने कूदने लगे। कुछ दूमरों में बड़बड़ाने की और तीसरों में गुत्थमगुत्था करने की प्रबल प्रवृत्ति जागृत हो गई।"

डेवी ने सर्वप्रथम नई खोजी गई गैस के निश्चेतक पदार्थ (Narcotic) के रूप में प्रयोग किये जाने का विचार संसार को दिया। 1844 ई० में अमरीकन डाक्टर उएल्ये ने नाइट्रस आक्साइड का तेज अनेस्थेटिक (anaesthetic) माध्यम के रूप में प्रयोग इस समय भी सर्जनों द्वारा किया जाता है।

नाइट्रस आक्साइड को गेल्स ने नाइट्रोजन की खोज के पूर्व ही पानी पर एकत्रित किया था। उसने सबसे पहले इस गैस की पारस्परिक प्रतिक्रिया का पर्यवेक्षण किया और सबसे पहले इस गैस का वर्णन किया।

“नाइट्रोजन गैस” द्वारा वायु की आक्सीजन के अवशोषण ने वायु की उत्तमता का परिमाणात्मक निर्धारण सम्भव बना दिया, अर्थात् उसमें मौजूद आक्सीजन की मात्रा निर्धारित करने का मार्ग खोल दिया। अठारहवीं शताब्दी में, रसायन विज्ञान के विकास को बहुमुखी प्रगति प्रदान करने वाले ईडियोमीटर (eudiometer) (गैस-आयतन-मापी) का निर्माण हुआ, जो इस प्रकार के परिमाणात्मक निर्धारण के लिए एक विशेष उपकरण (apparatus) है।

तनूकृत नाइट्रिक एसिड में एक ताबे का सिक्का डाल कर हम नाइट्रिक आक्साइड प्राप्त करते हैं। वायु में यह विपैली भूरे रंग की नाइट्रोजन-डाई-आक्साइड में परिणत हो जाती है।

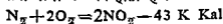


नाइट्रस अनाइडाइड N_2O_5 नीले रंग का द्रव होता है, जो NO और NO_2 के समान मात्रा के मिश्रण को ठंडा करने से प्राप्त होता है।

कभी-कभी रसायनिक कारखानों के भवनों के ऊपर भूरे रंग के भारी बादल पृथ्वी से ऊपर फैलते हुये देखे जा सकते हैं। यह नाइट्रोजन-डाई-आक्साइड है, जिसे कारखाने के श्रमिक जन ‘फाक्स टेल’, (अथवा फाक्स ब्रश) कहते हैं। यह अत्यन्त विपैली भूरी गैस, नाइट्रिक एसिड का प्रयोग करने वाले कीमियागरों को भी ज्ञात थी।

नाइट्रोजन-डाई-आक्साइड निम्न तापमानों पर द्विबन्धित होते हुए N_2O_4 में परिणत हो जाती है।

नाइट्रोजन-डाई-आक्साइड का औद्योगिक उत्पादन नाइट्रोजन और आक्सीजन को सीधे संयोजित करने वाली प्रतिक्रिया पर आधारित है, जिसमें ऊर्जा भारी मात्रा में व्यय होती है।



नाइट्रोजन की सबसे ऊँची आक्साइड N_2O_5 अत्यन्त अस्थायी पदार्थ है, जो नाइट्रिक एसिड को फास्फोरिक अनाइडाइड (P_2O_5) से निर्जलीकृत

(Dehydrate) करने से प्राप्त होता है। N_2O_4 पर फ्लोरोन के प्रभाव से N_2O_5 के श्वेत मणिम बनते हैं।

विस्फोट का कार्य

“भय का शुल्क” नाम के सिनेमा फिल्म का स्मरण कीजिये। शराब के कांच के बरतन से, जो पारदर्शी तेल के समान द्रव से भरा होता है, एक बूंद द्रव फर्श पर गिर पड़ता है और तात्कालिक तेज गरज के साथ विस्फोटित हो जाता है।

यह नाइट्रोग्लिसरीन है। यह प्रबल नाइट्रिक एसिड के ग्लिसरीन पर प्रभाव द्वारा प्राप्त होती है।

साधारणतः नाइट्रोग्लिसरीन को सक्रियता को नाइट्रो-सैल्युलोज (Nitro-cellulose) काष्ठ का चूर्ण, कीजेलगर (Kieselguhr) आदि उसमें मिलाकर दबाया जाता है और उसे डाइनामाइट में परिणत कर लिया जाता है, जिससे पहाड़ और पहाड़ी चट्टानें तोड़ी जाती हैं। भट्टी में एक किलोग्राम कोयला जलाने से जो ऊर्जा उन्मुक्त होती है, हम विश्वास पूर्वक जानते हैं, वह भट्टी को न तो उड़ा ही देगी और न उसे किसी प्रकार की भी क्षति ही पहुँचायेगी। पर इसमें सन्देह नहीं कि एक किलोग्राम कोयला जलने के समय उसी मात्रा के नाइट्रोग्लिसरीन की प्रपेक्षा, जो शक्तिशाली विस्फोटक पदार्थ है, आठ गुना अधिक ऊर्जा उन्मुक्त करता है। ट्रोटाइल (trotyl) अथवा trinitrotoluol की ऊर्जा मिलियनों गुना अधिक गति से उन्मुक्त होते हुए प्रबल शक्ति विकसित करती है.....।

12 अप्रैल 1953 ई. में ब्राल्टिन-तोपकान को खदान में एमोनाइट (88 प्रतिशत अमोनियम नाइट्रेट और 12 प्रतिशत ट्रोटाइल) के 1647 टन के वजन के प्रभार से विस्फोट किया गया। विस्फोट से टूटी हुई चट्टानों का भार 1910 हजार टन था।

निम्नलिखित तथ्य दिलचस्प हैं; -19-सितम्बर 1957 ई. में संयुक्त राज्य अमरीका के नेवादा राज्य में भूमिगत परमाणविक विस्फोट सम्पन्न किया गया। यह 1700 टन विस्फोटक पदार्थ के प्रभार के बराबर था, अर्थात् ब्राल्टिन तोपकान पर विस्फोट किये गये एमोनाइट के प्रभार के बराबर था। भूमिगत परमाणविक विस्फोट से कुल 454 हजार टन चट्टानें ही टूटी। प्रकटतः साधारण विस्फोटक पदार्थों का उच्चविस्फोटन (high explosiveness) परमाणविक विस्फोट की प्रपेक्षा अधिक प्रबल होता है। सोवियत वैज्ञानिक इस समय दक्षिणी याकूतिया में कोककर कोयला (Coking Coal) के नेफ्रिन्स्की उद्गम का खोलने की योजना बना रहे हैं। यह 55,588 टन विस्फोटक पदार्थ वाले दोहरे विस्फोट से खुल सकेगा। विस्फोट की शक्ति तीन हिरोशीमा और नागासाकी में फेंके जाने वाले परमाणविक बमों की शक्ति के बराबर होगी।

वायु में एक साथ 10 मिलियन टन चट्टानों का विशाल पदार्थ उड़ जायेगा। विस्फोट, उद्गम तक पहुँचने के लिये प्रावश्यक समय में 3-4 वर्षों तक की कमी लायेगा।

हीरे से कठोर

हीरा कठोरता का मानक (Standard) है। यह सरलता से शीशे को काट देता है और धातुओं को खरोंचता है। प्रकृति में कोई ऐसा पदार्थ नहीं है जो हीरे को खरोंच (Scratch) सके। प्रयोगशाला में ऐसा पदार्थ है—वह है बोरानोन, बोरन नाइट्राइड का अपररूप। बोरन नाइट्राइड-B-N₃ कठिनता से गलने वाला कठोर रसायनिक पदार्थ है, जो अत्यन्त महीन श्वेत रंग के पाउडर के रूप में प्राप्त होता है। अपनी बनावट और गुणों में यह ग्रॅफाइट के समान होता है और स्नेहक (lubricant) के रूप में भी इस्तेमाल होने की क्षमता रखता है। इसी से इसे श्वेत कज्जल और श्वेत ग्रॅफाइट भी कहा जाता है।

अतिरिक्त ऊँची दबाव बोरन नाइट्राइड को, जो ग्रॅफाइट के समान होता है, हीरे के समान बनावट में परिणत कर देता है जो बोरानोन कहलाता है। 1957 ई. में संयुक्त राज्य अमरीका में प्राप्त हुआ बोरानोन (बोरोनाइट्रोजन) हीरे से कहीं अधिक स्थायी और अग्नि सह होता है। बोरन नाइट्राइड को 73 हजार वायुमण्डल का दबाव बोरानोन में बदल देता है, जो केवल 2000°C पर जलता है जब कि हीरा 8710°C पर जलता है।

बोरानोन सफलता पूर्वक माइनिंग विभाग, मशीन-निर्माण तथा उपकरणों के बनाने में हीरे को विस्थापित कर रहा है।

प्रकाश रखने वाला

ग्रीक भाषा में 'फास्फोर' शब्द का यही अर्थ है। 'फास्फोर' उस अद्भुत पदार्थ को नाम दिया गया, जिसे 1969 ई० में हैम्बर्ग के एक व्यापारी, हेनिग ब्रांड ने खोजा था।

मध्य शताब्दियों में यह विचार बहुत व्यापक था कि कदाचित् प्रत्येक धातु सोना में परिणत की जा सकती है। इसके लिए कुछ अधिक नहीं करना था—केवल "दार्शनिक (पारस) पत्थर" प्राप्त कर लेना था, जिसके बारे में यह सोचा जाता था कि उसमें धातुओं को सोना में परिवर्तित करने की चमत्कार-पूर्ण शक्ति है। इस अद्भुत पत्थर को प्राप्त करने के लिए जो लोग प्रयत्नशील थे, कीमियागर कहलाते थे। ब्रांड भी इसी प्रकार के अनुसन्धानकों में से एक था।

हेनिग ब्रांड किसी समय बहुत धनी व्यापारी था, और बड़े ऐश्वर्य के साथ रहता था परन्तु उसका रोजगार गिरता गया और अन्ततः एक ऐसा समय आया जब उसकी कुल-सम्पत्ति नीलाम हो गई। तब ब्रांड ने अपनी दशा फिर सुधारने के विचार से कीमियागर बनने का निश्चय किया। सफलता उसे तत्काल धनी बना सकती थी।

ब्रांड ने बहुत से दिन और रातें पारस पत्थर की खोज में बिता दी। वह अपने प्रयोगों को हठता एवं हठ के साथ करता गया। प्रयोगों में शायद ही कोई पदार्थ बचा हो जिसका व्यवहार न किया गया हो। कच्ची धातुएँ और खनिज पदार्थ, वनस्पतियों और पशुओं की अस्थियाँ, धातु और लवण, और इनके अतिरिक्त अनेकों अन्य पदार्थ प्रयोग किये गये। ब्रांड इन सबको ओखली में डालकर खूब कूटता, पीसता, मिलाता, खूब गर्म करता, अग्नो से व्यवहृत करता, पारा डालकर हिलाता, गंधक डालता और खूब मिलाता और फिर तेज गर्म करता। इस प्रकार दिन के बाद दिन, सप्ताह के बाद सप्ताह बीतते गये। समय बीतता गया पर "पारस-पत्थर" के प्राप्त करने का रहस्य, रहस्य ही बना रहा।

यहीं एक दिन पेशाब के सूखे अवशेषों को तेज आंच में तपाते हुए ब्रांड ने देखा कि भस्मका से कोई ऐसा पदार्थ पृथक हो रहा है, जो वायु में बड़ी तेजी से जल उठता है और जलते समय घना सफेद धुँगा देता है। स्वयं भस्मका प्रयोग-शाला के धुँधले अन्धकार में धीमे-धीमे चमक देने लगा। ब्रांड का हृदय धड़कने लगा। उसने सोचा पवित्र पारस पत्थर उसे प्राप्त हो गया है, जिससे वह अपना धन प्राप्त करेगा।

प्रतीत होता था कि इस काल्पनिक प्रस्तर का प्राप्त करना आसान नहीं है और ग्रांड को बहुत परिश्रम करना शेष है। किन्तु घर्से से प्रतीक्षित प्रवृत्त सामने था। बैठते हुए दिल के साथ ग्रांड ने यह देखा कि किस प्रकार भस्मके के रिसीवर में वह प्रसाधारण प्रकाश विकर्ण करने वाला श्वेत पदार्थ पानी के नीचे एकत्रित हो रहा था और जितना ही अधिक वह एकत्रित होता जा रहा है उतना ही अधिक उस भस्मूत पदार्थ से निकलने वाला प्रकाश चमकदार होता जा रहा था। प्रकाश इतना अधिक बढ़ गया कि उसमें किताब पढ़ी जा सकती थी। ग्रांड इससे आश्चर्यचकित था।

वस्तुतः पदार्थ चमत्कारपूर्ण प्रकट हो रहा था। उसका प्रकाश जलाता नहीं था। उसे हाथ से स्पर्श किया जा सकता था और सबसे बड़ा गुण यह था कि कुल पदार्थ जो उसके सम्पर्क में होते थे घन्घकार में चमकने की क्षमता ग्रहण कर लेते थे। भस्मके का रिसीवर, ग्रांड की हथेलियाँ, चम्मच, जिससे उसने पदार्थ निकालकर प्यालो में डाला था—सब एक सा शीतल प्रकाश देते हुये चमक रहे थे।

ग्रांड थक कर एक तिपाई पर बैठ गया। वह सोच रहा था—आखिर-कार “पारस पत्थर” उसके हाथ लग ही गया। परन्तु शीघ्र ही उसको यह ज्ञात हुआ कि उसका “पारस पत्थर” दूसरी धातुओं को सोने में परिणत नहीं कर सकता है। किन्तु इससे वह कोमियागर हताश नहीं हुआ। यह पदार्थ इतना भस्मूत था, तथा धन्य पदार्थों से इतना भिन्न था कि वह घन्घत उसे सोने में बदलने में समर्थ हो गया। ग्रांड ने उसे बड़ी ऊँची कीमत पर बेचा और उसका नाम उसने “शीतल अग्नि” रखा जिसे, बाद को फास्फोरस का नाम दिया गया।

श्वेत, अरुण, कृष्ण ...!

यह फास्फोरस है क्या? इसके क्या गुण हैं?

प्रथम प्रश्न का उत्तर 1777 ई० में विख्यात फ्रेंच वैज्ञानिक लव्जेयर ने दिया। उसने फास्फोरस के ज्वलन का काफी लम्बे समय तक ध्यान-पूर्वक अध्ययन किया और सबसे पहले उसे एक नया तत्व घोषित किया। दूसरे प्रश्न का उत्तर भी कठिन नहीं है यदि केवल उसके रासायनिक गुणों तक ही सीमित रहा जाये।

पर फास्फोरस के भौतिक गुण क्या हैं?

यद्यपि फास्फोरस की खोज हुए लगभग तीन सौ वर्ष बीत चुके हैं पर इस समय भी इस प्रश्न का कोई सरल उत्तर नहीं है। एक फास्फोरस नहीं है, तीन हैं।

ब्रांड के फास्फोरस की खोज करने के बाद 178 वर्षों तक उसे श्वेत पदार्थ समझा जाता था। यह समझा जाता था कि वह अन्धकार में चमकता है। वह भोम के समान मुलायम होता है और सरलता से जल उठता है। 1847 ई० में जर्मन रसायनशास्त्री श्रेतेर ने फास्फोरस का दूसरा प्रभेद खोजा। यह था लाल फास्फोरस। उसके गुण श्वेत फास्फोरस से बहुत अधिक भिन्नता प्रकट करते थे। यह श्वेत फास्फोरस से डेढ़ गुना अधिक भारी था और कार्बनडाइ-सल्फाइड में नहीं घुलता था। सबसे विशेष बात यह थी कि वह अन्धकार में चमकता नहीं था। श्वेत फास्फोरस 40° सेन्टीग्रेड तापमान पर जलता है जबकि लाल फास्फोरस 44°C तापमान पर जलता है।

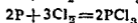
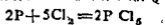
किन्तु यही अन्त नहीं था। फास्फोरस का एक और प्रभेद—काला फास्फोरस सन् 1916 ई. में प्राप्त हुआ। यह बड़ा अद्भुत फास्फोरस है। ऊपरी दिखावे में वह ग्रेफाइट के समान होता है और विद्युद्धार का संचालक (Conductor) भी होता है।

पर ये श्वेत, अशुद्ध और कृष्ण फास्फोरस एक ही तत्व हैं, वही जो ब्रांड ने खोजा था। यह सिद्ध हुआ कि ये तीनों प्रभेद कुछ निश्चित अवस्थाओं में परिणत एक दूसरे में किये जा सकते हैं।

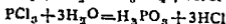
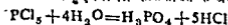
फास्फोरस के रासायनिक तत्वान्तरण (Transmutations)

फास्फोरस केवल अपने भौतिक गुणों के कारण ही विलक्षण पदार्थ नहीं है, रासायनिक क्षेत्र में भी वह विलक्षण गुण प्रकट करता है। उदाहरण के लिए वह 5+, 3+, 3- संयोजकताएँ रखता है। वह न केवल विभिन्न तत्वों से पारस्परिक प्रतिक्रिया करता है वरन् अनेक यौगिकों से भी पारस्परिक प्रतिक्रिया करता हुआ, अनेक प्रकार के विभिन्न यौगिक निर्माण करता है। यहां पर हम फास्फोरस के कुछ मूल यौगिकों का ही वर्णन करेंगे।

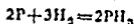
यह तत्व हैलोजन तत्वों से बड़ी सरलता से प्रतिक्रिया करता है। वह क्लोरीन से पारस्परिक प्रतिक्रिया करता है और निम्नलिखित यौगिक बनाता है:



ये दोनों यौगिक, फास्फोरस पेन्टाक्लोराइड तथा फास्फोरस त्रि-क्लोराइड जो हैलायड अक्वाइड्राइड कहे जाते हैं, बड़ी सक्रियता रखते हैं और जल से पारस्परिक प्रतिक्रिया करते हुए विभिन्न फास्फोरस के अम्ल बनाते हैं।

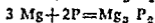
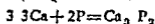


फास्फोरस हाइड्रोजन से भी संयोजित हो सकता है और ऐसे पदार्थ देता है जिनको फास्फीनों की संज्ञा दी गई है। फास्फोरस की हाइड्रोजन से पारस्परिक प्रतिक्रिया को निम्नलिखित समीकरण द्वारा प्रदर्शित कर सकते हैं :

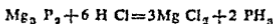


जो पदार्थ इस समय बनता है उसे फास्फोरित हाइड्रोजन (Phosphoretted hydrogen) कहा जाता है। यह विषैली गंध होती है जिसकी गंध तेज और अप्रिय होती है। इसके गुण समानिया से मिलते हैं। इस प्रतिक्रिया में फास्फोरिन (फास्फोरित हाइड्रोजन) के साथ-साथ दूसरे धातु (Analogous) यौगिक प्राप्त होते हैं, उदाहरण के लिए, P_2H_4 , जो साधारण परिस्थितियों में द्रव होता है और वायु में स्वतः जलने लगता है।

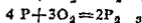
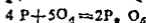
ऊँचे तापमानों पर फास्फोरस कुछ धातुओं में बगुबो पारस्परिक प्रतिक्रिया करता है और फास्फाइड कहलाने वाले यौगिक देता है, उदाहरण के लिए :



ये यौगिक जो स्वयं स्थायी होते हैं धातु की उपस्थिति में विघटित हो जाते हैं :



फास्फोरस सरलता से धातुसोजन में संयोजित होता है। इसमें भी, बलोरिन से पारस्परिक प्रतिक्रिया करने के समान ही, क्रिया धातुसोजन की मात्रा पर निर्भर करते हुए दो मार्गों से सम्पन्न हो सकती है।



इस समय बनने वाले पदार्थ फास्फोरिक और फास्फोरस अन्हाइड्राइड क्रमशः कहलाते हैं। ये अत्यन्त घाटता ग्राही (Hydroscopic) श्वेत पदार्थ होते हैं और पानी से तेजी से प्रतिक्रिया करते हुए एसिड बनाते हैं।

यह कहा जा सकता है कि फास्फोरस आवर्त सारणी (Periodic table) के तत्वों तथा बहुत से यौगिकों, उदाहरण के लिए, गंधक, कार्बिक धार, प्रम्ल, कुछ लवण, प्रादि से प्रतिक्रिया करने की क्षमता रखता है। फास्फोरस के यौगिकों की विविधता के बारे में केवल, इसी बात से ध्यान लगाया जा सकता है कि इससे ऐसे यौगिक प्राप्त किये जा सकते हैं जिनके रासायनिक फार्मूले $POFCI$ Br तथा PSF Cl Br से प्रदर्शित किये जाते हैं।

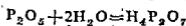
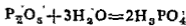
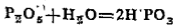
यह ध्यान रखना आवश्यक है कि कार्बन से फास्फोरस होता है, किन्तु इस कमी को वह मय ब्याज के उस सँ

वह बहुत बड़ी संख्या में फास्फोरमॉनिक यौगिक बनाता है, जो फास्फोरस के विभिन्न यौगिकों (Derivatives) और कार्बनिक यौगिकों की पारस्परिक प्रतिक्रिया के फलस्वरूप प्राप्त होते हैं। इनमें से कुछ पशुओं और मनुष्यों के जीवन में विशेष महत्वपूर्ण भूमिका भदा करने वाले यौगिकों के बारे में आगे कहूंगा।

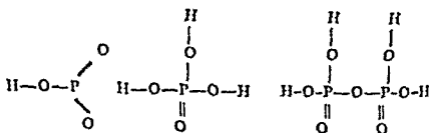
साधारणतः तत्वीय फास्फोरस बहा जाने वाला फास्फोरस स्वयं बहुत सीमित उपयोगिता रखता है। श्वेत फास्फोरस अत्यन्त विषैला होता है। इसलिए उनका उपयोग कृषि के, शत्रु-जीवों के मारने के लिए किया जाता है। इसके अतिरिक्त उसका उपयोग युद्ध में विशेष प्रकार के भाग लगाने वाले (Incendiary) बमों तथा घुंघ्रा का पर्दा निर्माण करने के लिए घुंघ्रा देने वाली वस्तुओं में भरे जाने में होता है। लाल फास्फोरस का उपयोग दियासलाई की तीलियां बनाने में किया जाता है, परन्तु फास्फोरस के यौगिकों का महत्व वास्तव में बहुत अधिक है।

फास्फोरिक एसिड

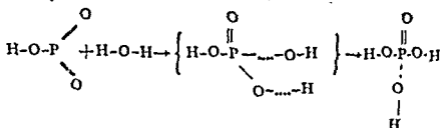
हम बता चुके हैं कि फास्फोरस भावसीजन से संयोजित होने की क्षमता रखता है, और विभिन्न भावसाइडों बनाता है। अब हम यह बतायेंगे कि पानी से इन भावसाइडों की प्रतिक्रिया से कौन-कौन पदार्थ प्राप्त होते हैं। सबसे अच्छा यह है कि हम फास्फोरिक अन्हाइड्राइड— P_2O_5 से प्रारम्भ करें। यह ज्ञात हुआ है कि जब वह पानी से प्रतिक्रिया करता है तो, जैसा कि साधारणतः अन्य अन्हाइड्राइडों के साथ होता है, वह एक अम्ल नहीं देता है बल्कि तीन अम्ल देता है। पहले हमने तीन प्रकार के तत्वीय फास्फोरस देखे। अब हम तीन प्रकार के सम्बन्धित अम्ल देखते हैं :



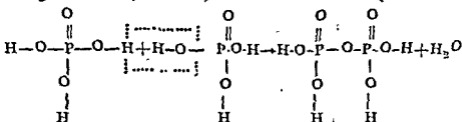
जो क्रमशः मेटा-फास्फोरिक एसिड, अर्थात् फास्फोरिक एसिड (या केवल फास्फोरिक एसिड) और पाइरो फास्फोरिक एसिड है। इस प्रकार प्रतिक्रिया करने वाले जलीय अणुओं की मात्राओं पर निर्भर होते हुए फास्फोरिक अन्हाइड्राइड के एक अणु से विभिन्न एसिड प्राप्त किये जा सकते हैं। फास्फोरिक अन्हाइड्राइड के इस विविध भाचरण को आसानी से स्पष्ट करने के लिए हम इन पदार्थों की रासायनिक बनावटों के फार्मूले देंगे :



तीनों उपरोक्त पदार्थ, जैसा कि साधारण भाषा में बोला जाता है समान धानुवंशिकी (Genetic) सम्बन्धों में बंधे हैं, पर्याप्त उन्नत एक दूसरे में परिणत करके प्राप्त किया जा सकता है। उदाहरण के लिए, प्रायो-फास्फोरिक एसिड को मेटा-फास्फोरिक एसिड में सीधे पानी में संयोजन करा के बदला जा सकता है :



घोर पाइरो फास्फोरिक एसिड को प्रायो फास्फोरिक एसिड से उसके घणु को संघनित (Condense) करके प्राप्त किया जा सकता है :

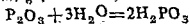


सामान्यतः यह कहा जा सकता है कि यह केवल सैद्धान्तिक सम्भावना मात्र नहीं है। वस्तुतः मेटाफास्फोरिक एसिड से निश्चित परिस्थितियों में प्रायो तथा पाइरो फास्फोरिक अम्लों को प्राप्त किया जा सकता है।

ये सब एसिडों साधारण परिस्थितियों में मणिभीकृत पदार्थ होती हैं। ये सब रंग हीन तथा पानी की शक्तिशाली अवशोषक हैं। सत्य यह है कि स्वयं फास्फोरिक अम्हाइड्राइड इन सबसे अधिक पानी का अवशोषण करता है। वह दूसरी एसिडों से भी, उदाहरण के लिये नाइट्रिक एसिड से भी, जल सोखने की क्षमता रखता है और कुछ कार्बनिक पदार्थों को उनसे पानी लेते हुए कार्बनीकृत (Carbonized) करने की भी क्षमता रखता है।

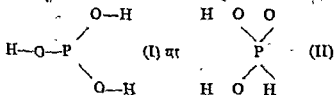
सबसे अधिक महत्वपूर्ण प्रयोगिक उपयोगिता मार्षो-फासफोरिक अम्ल रखता है और वह स्वयं इतनी उपयोगिता नहीं रखता है जितनी कि उसके लवण, जो उर्वरकों के रूप में प्रयोग किये जाते हैं ।

मेटा, मार्षो, तथा पाइरो फासफोरिक अम्लों के बनाने के अतिरिक्त फासफोरस और भी अनेक अम्ल बनाता है, जिनमें सम्भवतः सर्वाधिक दिलचस्प फासफोरस एसिड है । यह अम्ल फासफोरस अक्वाइड्राइड की पानी से प्रतिक्रिया करा के प्राप्त किया जाता है ।



यह भी सफेद, मणिभीकृत पदार्थ है, और पानी में सरलता से घुलता है ।

किन्तु उन अम्लों से, जो फासफोरस अपने ऊँची डिग्री के आक्सीकरण के समय बनाता है; विभिन्न आचरण प्रगट करते हुए फासफोरस एसिड और उसके लवण सब और विष होते हैं तथा एक और दिलचस्प बात है । फासफोरस की बनावट दो फार्मूलों से प्रदर्शित की जा सकती है :



ये दोनों बनावटें एक दूसरे से सन्तुलन-बनाती हुई उपस्थित होती हैं, किन्तु साधारण दशाओं में दूसरी (II) बनावट का प्राधान्य होता है । स्वयं एसिड और उसके लवणों के लिये फार्मूला II उत्तरदायी होता है, क्योंकि उनके केवल ऐसे लवण प्रसिद्ध हैं जो दो हाइड्रोजन के अणुओं को विस्थापित (Replace) करने से बने होते हैं, उदाहरण के लिये $Na_2 HPO_3 \cdot 5H_2O$ । किन्तु फार्मूला I के आधार पर जटिल कार्बनिक यौगिक (Derivatives) प्राप्त होते हैं । इस प्रकार की प्राकृतिक घटना की टाउटोमेरिज्म (Tautomerism) प्रणवा चला-व्यवस्था कहते हैं, जो प्रायः कार्बनिक रसायन में देखी जाती है । यह दिलचस्प बात है कि फासफोरस एसिड शक्तिशाली अवकारक पदार्थ है और चांदी के लवण के घोलों से चांदी की धातु निकाल देता है तथा तांबे के लवणों के घोलों से तांबा पृथक् कर देता है । स्वयं फासफोरस एसिड अत्यन्त स्थायी पदार्थ होता है और फासफोरिक एसिड में कठिनता से आक्सीकृत होता है । केवल इतना भी कहना है कि फासफोरिक एसिड की भांति ही फासफोरस एसिड के भी अनुरूपतः मेटा-फासफोरस और पाइरो-फासफोरस अम्ल होते हैं ।

वनस्पति का भोजन

इसकी सन् से बहुत पूर्व ही मनुष्यों को यह पता चल गया था कि फसलें उगाने में मिट्टी का उर्वरक दीया जाता है । फसलें क्रमशः हल्की होती हैं और

अन्ततः भूमि बंजर हो जाती है। पूरी की पूरी घावादियां अपने निवास स्थानों को छोड़कर दूसरे उपजाऊ स्थानों की खोज में चल देती थीं। वे वनों को जलाते और प्रछूती धरती को खेती योग्य बनाते थे, फिर कुछ ही वर्षों में उनको दूसरे स्थानों की खोज में चल देना पड़ता था। शताब्दियां बीत गईं। मनुष्य ने अनुभव संचित किया, ज्ञानार्जन किया और वहीं मानव-विकास की किसी सीढ़ी पर खादों का उपयोग होना प्रारम्भ हो गया।

केस्ट (प्राचीन जर्मन जाति के लोग), उदाहरण के लिये, नये युग से कई सौ वर्ष पूर्व खादों का प्रयोग करते थे। यह भी ज्ञात है कि प्राचीन यूनान में खादों का प्रयोग किया जाता था। पर खादों का व्यापक रूप से उपयोग केवल आज से सौ वर्षों पूर्व प्रारम्भ हुआ।

गत शताब्दी के प्रथम तृतीयार्ध में प्रख्यात जर्मन वैज्ञानिक, ग्रेगोर लिबिख ने दिलचस्प प्रयोग सम्पन्न किये। उसने विभिन्न प्रकार के पौधों का बहुत बड़ी संख्या में रासायनिक विश्लेषण किया। परिणामतः यह प्रगट हुआ कि उन सबकी बनावट में दस तत्व हैं : कार्बन, हाइड्रोजन, भावसीजन, नाइट्रोजन, कैल्शियम, पोटेशियम, फासफोरस, गंधक, मैगनीशियम तथा लोह। पौधों की सामान्य वृद्धि के लिये ये सब तत्व बड़े महत्वपूर्ण होते हैं। इनमें से किसी एक की अनुपस्थिति अन्य तत्वों की बहुतायत में भी पौधों की मृत्यु का कारण बन जाती है।

शीघ्र ही यह प्रगट हुआ कि पौधे वायु की कार्बन-डाइ-ऑक्साइड से कार्बन अवशोषित कर लेने की क्षमता रखते हैं। हाइड्रोजन एवं भावसीजन वे पानी से प्राप्त करते हैं। मैगनीशियम, लोहा तथा गंधक पौधों को कम मात्रा में चाहिये और वे उसे पर्याप्त मात्रा में मिट्टी से प्राप्त कर सकते हैं। कुछ पौधे (उदाहरण के लिये सेम की श्रेणी के लेग्यूमेनस पौधे) वायु से नाइट्रोजन ग्रहण कर लेने की क्षमता रखते हैं। इस प्रकार पौधे के भली प्रकार उगने के लिये मिट्टी में पोटेशियम, फासफोरस, नाइट्रोजन व कभी कैल्शियम देना आवश्यक होता है। पर यह प्रगट हुआ है कि मिट्टी में फासफोरस की कमी पौधों पर सबसे अधिक हानिकर प्रभाव डालती है।

मिट्टी में फासफोरस की कमी के सबसे मुख्य लक्षण पौधों की कमजोर उगावट और छोटी, गहरी हरी पत्तियां हैं। किन्तु अन्य लक्षण भी होते हैं। उदाहरण के लिये पेरू की लीमा घाटी में फासफोरस की कमी इस बात से प्रगट होती है कि मक्का के पौधों की पत्तियां पहाणम (Purple) रङ्ग की हो जाती

1. अधिक श्रम के साथ किये गये प्रयोगों ने यह प्रतिपादित किया है कि पौधों में अनेक अन्य तत्वों का लेश भी पाया जाता है। ये लेशतः पाये जाने वाले तत्व पौधों की जैविक क्रियाशीलताओं में महत्वपूर्ण भूमिका अदा करते हैं।

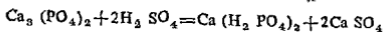
है। इसी प्रकार का रंग टमाटर की पत्तियों का भी फासफोरस की कमी के समय हो जाता है। किन्तु सबसे मुख्य बात पौधे की पत्तियों का रंग बदलता ही नहीं है। पत्तियाँ चाहे नीली ही पड़ जायें तो भी कोई हर्ज नहीं है यदि फसल के उत्पादन में कमी न आवे। पर यह प्रगट हुआ कि फासफोरस की कमी से पौधों की जड़ों का विकास शिथिल हो जाता है और उनका वाहिका तन्त्र (Vascular System) चौपट हो जाता है। माड़ी शकर में नहीं परिणत होती और फलों का पकना रुक जाता है। यदि मिट्टी फासफोरस में घनी होती है, तो बिल्कुल इसके प्रतिकूल दशा देखने में आती है। पौधे की जड़ें बड़ी तेजी से विकसित होती हैं। उनके अंकुरन के समय विशेषकर उनकी शुष्कता सहने की शक्ति बढ़ जाती है और पकने में तेजी आती है। फासफोरस की उपस्थिति कोशिका विभाजन (Cell division) तथा चर्बी और अल्ब्युमीन के निर्माण पर अच्छा प्रभाव डालती है और अनाज की उपज घनी बनाती है।

फासफोरस की बहुतायत मक्का में 'कल्ले फोड़ने' में तेजी लाती है। मिट्टी में फासफेटो के मिला देने से तिपतिया घास व लूसन (अल्फा अल्फा) बोनो के वर्ष में ही बीज दे देते हैं जबकि साधारणतः वे दूसरे वर्ष बीज देते हैं।

किन्तु सबसे अप्रिय बात यह है कि मिट्टी में फासफोरिक एसिड व श्वेत फासफोरस न छोड़ना चाहिये। वे पौधों के लिये विष हैं। मिट्टी में लाल फासफोरस भी खाद के लिये न छोड़ना चाहिये। पौधे उसे पचा नहीं पाते हैं। हमारे समय में मिट्टी को उर्वरा बनाने के लिये फासफोरस की विशेष प्रकार की विभिन्न खादें कारखानों में तैयार की जाती हैं।

उनमें सबसे साधारण और आसानी से प्राप्त होने वाली खाद फासफोराइट (Phosphorite) है, जो प्रकृति में मिलने वाला कैल्शियम फासफेट $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ है। कारखानों में उसे पीस कर चूर्ण बनाया जाता है और 'फासफोराइट पाउडर' के नाम से यह सीधा खाद के रूप में प्रयोग किया जाता है। किन्तु यह खाद सभी प्रकार की मिट्टियों के लिए उपयुक्त नहीं होती है। जैसा थाप जागते हैं, कैल्शियम फासफेट पानी में घुलता नहीं है और ठोस रूप में उसे पौधा स्वांगीकृत नहीं कर पाता है। इस कारण उसे अभिलक्ष्य भूमि में ही इस्तेमाल कर सकते हैं, जहाँ मिट्टी में उपस्थित विभिन्न कार्बनिक अम्ल उसे अधिक घुलने वाले योगिक—कैल्शियम द्वारा हाइड्रोजन के दो अणु विस्थापित करके प्राप्त सवण, Ca HPO_4 में परिणत कर देते हैं।

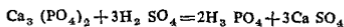
इससे अधिक प्रचलित खाद सुपरफास्फेट होती है, जिसमें एकीय विस्थापन का कैल्शियम का फासफेट $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ होता है, जो पानी में खूब घुलता है। पीसे हुए फासफोराइट को सलफूरिक अम्ल से व्यवहृत करके इसे प्राप्त किया जाता है :



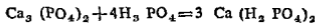
इस प्रकार प्राप्त होने वाले कैल्शियम-डाइ-हाइड्रोफास्फेट और कैल्शियम सल्फेट के मिश्रण को साधारणतः सुपरफास्फेट कहा जाता है और उसे सीधे खाद के रूप में प्रयोग किया जाता है।

परन्तु साधारण सुपरफास्फेट खाद की सबसे बड़ी कमजोरी उसमें उपस्थित कैल्शियम सल्फेट है, जिसकी कोई आवश्यकता न पौधे को होती है और न मिट्टी को। यह अनावश्यक पदार्थ उसमें 54 प्रतिशत मौजूद होता है अर्थात् भाँधे से भी अधिक है।

इसलिए द्विगुणित (Two Fold) सुपर फास्फेट अधिक सुविधापूर्ण होता है, जो 2 मजिलों में प्राप्त होता है। प्राकृतिक फास्फोराइट से पहले फास्फोरिक एसिड प्राप्त की जाती है :



कैल्शियम सल्फेट प्रक्षेपित हो जाता है और उसे फिल्टर करके अलग कर लिया जाता है। प्राप्त होने वाली फास्फोरिक एसिड को फिर फास्फोराइट के नये अंशों से प्रतिक्रिया कराते हैं :



द्विगुणित (डबल) सुपरफास्फेट पानी में भली-भाँति घुलने वाला फास्फोरिक एसिड का लवण होता है। वह हर प्रकार की मिट्टियों में प्रयोग किया जा सकता है।

यह कहना और श्रेय है कि प्रति वर्ष संसार की कुल फसलें मिट्टी से लगभग 10 मिलियन टन फास्फोरिक एसिड लेती हैं।

जीवन को चलाने वाला

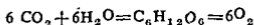
गत शताब्दी के मध्य में यह पता चला कि कैल्शियम फास्फेट पशुओं और मनुष्यों की हड्डियों का मुख्य अंग होता है और फास्फोरस के कुछ जटिल यौगिक मस्तिष्क के तन्तुओं के अंग होते हैं। इस खोज ने लगभग घाज से, मी वर्ष पूर्व जर्मन रसायन-शास्त्री मोलेशोत की इस घोषणा को सम्भव बनाया कि 'फास्फोरस के बगैर विचारों का अस्तित्व असम्भव है।' और अब हमारे समय में वैज्ञानिक इस निष्कर्ष पर पहुँचे हैं कि फास्फोरस के बगैर केवल विचार ही नहीं मनुष्य, पशु, वनस्पति में से किसी की भी उपस्थिति की कल्पना ही नहीं की जा सकती।

जंजीव शरीर को फास्फोरस की आवश्यकता क्यों होती है ? इस प्रश्न का विस्तृत उत्तर हमारी पुस्तक के विषय की सीमाओं को देखते हुए अत्यन्त कठिन

है, और इसके प्रतिरिक्त यह भी सत्य है कि जीवों के शरीर में उपस्थित अनेक फासफोरस के यौगिकों की भूमिका इस समय तक अंतिम रूप से स्पष्ट नहीं हो सकी है।

मुख्यतः यह ध्यान देना आवश्यक है कि मानव एवं पशु शरीर में उपस्थित कुल फासफोरस का उद्गम या तो वनस्पतीय होता है, या जैविय। सीधे मिट्टी से फासफोरस ग्रहण करने की क्षमता केवल पौधों में होती है, और वह भी केवल फासफोरिक एसिड के घुलनशील लवणों के रूप में फासफोरस का सचय पौधों में उस स्थान पर होता है जहां कार्बनिक पदार्थों की सश्लेषण सम्बन्धी तेज प्रक्रियाएँ चल रही होती हैं और जहां पौधों के कोषानुष्ठी में प्लाविकार्य (Plasma) बहुतायत से होती हैं। बड़ा क्या हो रहा होता है ?

साधारणतः जब हम कहते हैं कि पौधा सीधे वायु से कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस स्वांगीकृत (Assimilate) करता है और उससे कार्बनिक यौगिक निर्माण करता है, हम इस क्रिया को निम्नलिखित समीकरण से प्रदर्शित करते हैं :

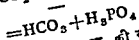
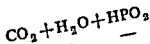


अर्थात् हम कहते हैं, कि कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस और पानी से ग्लूकोज बनता है, जो प्राणों के परिवर्तनों में जटिल कार्बनिक पदार्थ देता है। किन्तु यह क्रिया प्राणों में चल कर इतनी सरल नहीं मालूम पड़ती।

जब वैज्ञानिक इसके विस्तृत अध्ययन में लगे थे तो उस समय दो दिलचस्प तथ्य सामने आये। पहला यह कि उपरोक्त प्रतिक्रिया में ऊर्जा की बड़ी मात्रा का अध्ययन आवश्यक होता है और ठीक यह ऐसे ही जैसे जल और कोयले से शकर प्राप्त करने का प्रयत्न करना। पौधा इतनी ऊर्जा कहाँ से प्राप्त करता है ? और दूसरा तथ्य यह था कि फोटो-सश्लेषण (पौधों द्वारा कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस का पचन) पौधों में फासफोरस की कमी होने के समय बड़ी तेजी से कम होता जाता है।

वैज्ञानिकों ने खोज की कि हरिताणु (Chloroplast) कहलाने वाले, फोटो सश्लेषण सम्पन्न करने वाले विलक्षण वानस्पतिक पदार्थ की रचना में फासफोरस सीधे प्रवेश कर जाता है। पौधों में फासफोरस की भूमिका का प्राणों का अध्ययन (जो कई दशाब्दियों तक चला) निम्न निष्कर्षों पर पहुँचने की अनुमति देता है :

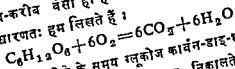
प्रथम यह है कि फासफोरस वायु से कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस निरन्धित करने में काफी महत्वपूर्ण भूमिका भूदा करता है। यह प्रगट हुआ कि घुलनशील फासफेट निम्नलिखित रूप से कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस अवशोषित कर सकते हैं :



दूसरा यह कि फासफोरस फ्लोरोफ्लोस्ट की रचना में जटिल व्युत्पन्नो (Derivatives) के रूप में प्रविष्ट होता है, जिन्हें फासफोलिपिड (Phospholipid) कहा जाता है। (स्वयं फासफोलिपिड ग्लिसिराइड होते हैं जो चर्बियों से केवल इस बात में भिन्न होते हैं कि उनमें ग्लिसीन के दो हाइड्रॉक्सिल सदैव चर्बियों एसिड के दोनों रेडिकलों से संयोजित होते हैं और तीसरा हाइड्रॉक्सिल फासफोरस एसिड से संयोजित होता है।)

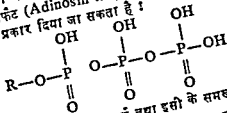
और अन्ततः तीसरे से यह प्रगट हुआ कि कार्बन-डाइ-फावसाइड गैस और जल की पारस्परिक प्रतिक्रिया, जिसके परिणामस्वरूप ग्लूकोज प्राप्त होता है, कई मंजिलों में सम्पन्न होती है, और बीच की मंजिलों में से एक में फासफो-ग्लिसरिक एसिड कहलाने वाला जटिल फासफो-प्रार्गेनिक योगिक बनता है।

यह भी प्रगट हुआ कि श्वास लेने के लिये भी फासफोरस प्रावश्यक है। यहाँ भी करीब-करीब वंसा ही होता है जैसा कि ग्लूकोज के संश्लेषण के समय होता है। साधारणतः हम लिखते हैं :



फलतः, श्वास लेने के समय ग्लूकोज कार्बन-डाइ-फावसाइड गैस और पानी में बदल जाता है, जिन्हें हम श्वास से बाहर निकालते हैं। पर, यह क्रिया भी प्राये चलकर इतनी सरल नहीं दिखाई पड़ती।

वनस्पतीय और जैवीय शरीरों में एक जटिल कार्बनिक पदार्थ स्थित होता है, जिसकी रचना में फासफोरस विद्यमान होता है। इस जटिल पदार्थ को एडिनोसिनट्राइ-फासफेट (Adenosin-tri-phosphate) कहते हैं। सिद्धान्ततः इस फामूला निम्न प्रकार दिया जा सकता है :



यह प्रगट हुआ कि यह पदार्थ तथा इसी के समरूप पदार्थ श्वास लेने के समय बनते हैं और साथ ही जैवीय शरीरों में मांसल ऊर्जा के विलक्षण संचयकों का काम करते हैं।

श्वसन की क्रिया के समय ग्लूकोज जटिल फासफो-ग्लिसरिक एसिड के रूप में निर्माण करता है, जिनको डाइफासफेट कहा जाता है। इस प्रवसर पर ग्लूकोज

11/4/15
9/5/22

के लगभग पांच या छः ग्रणु डाइफासफेट बनाते हैं और एक ग्रणु कार्बन-डाइ-ग्रावसाइड गैस तक ग्रावसीकृत हो जाता है। इसके बाद डाइ फासफेट, एडिनो-सिन-ट्राइ-फासफेट में परिणत हो जाते हैं।

एडिनोसिन ट्राइ फासफेट के ग्रणु भ्रूव्युमीन के ग्रणुओं से संयोजित होते हुए उनको निश्चित शक्ति लेने के लिये बाध्य कर देते हैं। इसका अर्थ यह होता है कि ग्रणु अपने में ऊर्जा संचित रखता है। यदि इस प्रकार के "सक्रिय" ग्रणु को स्नायु तन्तु 'काम करने' की आज्ञा पहुंचाते हैं तो ग्रणु का ढांचा तेजी से बदलता है—वह संकुचित होता है और मनुष्य कोई काम करता है, उदाहरण के लिये हाथ मोड़ता है। इस समय एडिनो-सिनट्राइ-फासफेट के ग्रणु एडिनोसिन-डाइ-फासफेट के ग्रणु में परिणत हो जाता है, और इसलिये मांस-पेशी पुनः कोई काम करने की क्षमता प्राप्त कर ले यह आवश्यक होता है कि भ्रूव्युमीन के ग्रणु फिर एडिनो-सिनट्राइ फासफेट के ग्रणुओं से संयोजित हों ताकि वे अपनी प्रारम्भिक अवस्था में आ जायें, अर्थात् ऊर्जा के नये अंश अपने में संचित कर लें।

आज से तीन सौ वर्ष पूर्व खोजे गये फासफोरस ने अपना नाम अपनी प्रसन्नकार में बदलने की क्षमता से प्राप्त किया था। किन्तु, जैसा कि हम देखते हैं, केवल इतना ही नहीं है कि यह शब्दशः 'प्रकाश देने वाला' है। यह फासफोरस हमारे खेतों को फल देता है और घरों को अनेक उपजों से भर देता है। फासफोरस पशु एवं वनस्पति शरीरों को जीवनी-शक्ति प्रदान करता है। वस्तुतः उसे 'प्रकाश देने वाला' नहीं 'जीवन चलाने वाला' कहना अधिक उचित है।



दो गैसों से महासागर

“पानी की बूंद में संसार प्रतिबिम्बित है” यह कोरी कवि की कल्पना नहीं है। वास्तव में पानी की बूंद हरी पत्ती और मनुष्य का जीवन, शक्तिशाली कारखानों की धुआँ देती चिमनियाँ हरे भरे खेत, भावी थर्मोन्यूक्लियर, विद्युत स्टेशनों की रूपरेखाएँ (Contours), तथा दूर नक्षत्रों की ओर दौड़ते हुए कास्मिक यान का मार्गचिह्न (Trace mark) देखे जा सकते हैं।

सर्वाधिक साधारण एवं सर्वाधिक प्रख्यात द्रव, जल रसायन—सक्रिय दो गैसों से बना है—हाइड्रोजन और ऑक्सीजन। एक लिटर जल में 111.1 ग्राम हाइड्रोजन तथा 888.9 ग्राम ऑक्सीजन होती है। दूसरी तरह से यह भी कह सकते हैं कि जल में 1254.32 मीटर हाइड्रोजन से ठीक इसकी आधी ऑक्सीजन समोजित होती है। पृथ्वी पर 2.10^{18} टन पानी है। इस मात्रा को अधिक अच्छी प्रकार से बोध गम्य बनाने के लिये एक विशाल सिलिण्डर की कल्पना कीजिये जिसका आकार 1 वर्ग मीटर हो। इस सिलिण्डर में 300 किलोमीटर की ऊँचाई में, जो पृथ्वी के सूर्य के चारों ओर घूमने के कक्ष के व्यास के बराबर है, हमारे ग्रह का कुल पानी समा सकेगा।

पृथ्वी पर पानी का वितरण किस प्रकार है ? इसका बड़ा अंश सागरों एवं महासागरों में है। शेष नदियों, झीलों, स्थल पर स्थित बर्फ के ढेरों, पहाड़ी चट्टानों और खनिजों में स्थित है। वायुमण्डल में कुल का एक लाखवाँ भाग है। पूरी समग्रता में यदि देखिये तो यह थोड़ी मात्रा नहीं है। वायुमण्डल में स्थित कुल जलीय वाष्प जल में परिणत हो जावे तो महासागरों का ऊपरी जल-तल एक चौथाई मीटर ऊँचा उठ जायेगा। प्रतिवर्ष पानी की विशाल मात्रा प्रकृति के तृतीय अमण-चक्र में भाग लेती है। यदि वाष्पीकृत होने वाला सम्पूर्ण जल वायुमंडलीय ऊँचाइयों को लांघ कर बाहर निकलने में समर्थ हो जाये, तो महासागरों का ऊपरी जल-तल प्रतिवर्ष पछहत्तर सेंटीमीटर नीचे गिरेगा।

फेर्मान के शब्दों में यदि व्यक्त किया जाये तो जल पृथ्वी की नस (Nerve) है। जल प्रत्येक स्थान पर है। पत्थर में भी जल है। और इसमें विश्वास दिलाने के लिये बुद्धियों की बच्चों की कहानियों में प्रगट होने वाले दैत्य को बुलाने की आवश्यकता नहीं पड़ेगी कि वह पत्थर से निचोड़ कर पानी निकाले।

प्रत्येक रसायनशास्त्री कहता है कि, उदाहरण के लिए, एक किलोग्राम, जिप्सम में 210 ग्राम जल होता है। जल हर जंजीव शरीर में होता है।

जल की शुद्धता के बारे में

पाठ्य-पुस्तकों में साधारणतः यह लिखा होता है कि जल पारदर्शी रंग-हीन द्रव है जिसमें न कोई गंध होती है, न कोई स्वाद ।

स्वीडिश वैज्ञानिक जोतेर्मान का विश्वास है कि पशु जल में अनुरूपतः वैसा ही स्वाद जल में अनुभव करते हैं जैसा कि हम मनुष्य, उदाहरण के लिए, नमक में अनुभव करते हैं । मनुष्य के शरीर में वैसे विश्लेषक नहीं विद्यमान है, किन्तु जल का स्वाद हमारे लिए एक साधारण (Notion) बन गया है, वह किसी प्रकार भ्रमूर्त (Abstract) नहीं है ।

नलों से मिलने वाला जल एक चीज है, पारदर्शी चश्मों से प्राप्त जल दूसरी चीज । उनके स्वादों में बड़ा अन्तर होता है । ऊपर से देखने में दोनों एक समान होते हैं । अवश्य, जल बहुत अच्छा विलायक है । उसमें सदैव लवणों और गैसों की मिलावटें विद्यमान रहती हैं । प्रकृति में सर्वाधिक शुद्ध जल वर्षा से मिलने वाला जल होता है, किन्तु वह भी बगैर मिलावट के नहीं होता है । एक किलोग्राम वरसात के पानी में पूरा भाप बना कर उड़ा देने के बाद 30 मिलीग्राम सूखा पदार्थ नीचे दबा मिलता है । साय ही एक लिटर पानी में कम से कम 200 मिलीग्राम गैसें घुली रहती हैं । और यदि नदी का पानी लिया जाये ?

प्रत्यक्षतः शुद्ध एक टन नीला नदी के जल में 57 ग्राम घुले पदार्थ होते हैं । नीपर नदी के जल में 187 ग्राम, और नील नदी के घुंघले, पीले जल में 1600 ग्राम घुले पदार्थ होते हैं । और हमारे घरों में नलों से प्राप्त जल में क्या होता है ? प्रत्येक गृहणी समझती है कि चाय की केतली के भीतर सतह में रोजाना पानी उबालने से कुछ समय बाद पीली तलछट बैठ जाती है । ये मैग्नीशियम और कैल्शियम के कार्बोनेट होते हैं । जल-कल तक पहुँचने के अपने लम्बे मार्ग और समय में जल वायुमण्डल की कार्बन डाइ-ऑक्साइड गैस अपने में घुलित कर लेता है, पहाड़ी चट्टानों से संपर्क में आकर वह उनसे मैग्नीशियम और कैल्शियम-कार्बोनेटों को अपने साथ घोल कर ले आता है ।

जन तानिक ग्रंथ व्यवस्था को पानी की मिलावटें बड़ी हानी पहुंचाती हैं । यह कहना ही काफी होगा कि एक शक्तिशाली टॉर्बिन के फलकों पर पानी की मिलावट के परिणामस्वरूप जली हुई तह छुड़ाने के लिए पच्चीस हजार रुबल व्यय करना पड़ता है ।

किन्तु इस प्रकार की हानिकर मिलावटों से जल को किस प्रकार शुद्ध किया जाता है ? पहली मजिल में उसे रासायनिक पदार्थों से परिशुद्ध करते हैं । जल को मुदु बनाने के लिए चूना, सोडा-और क्षार डाल कर मैग्नीशियम और कैल्शियम के कंटायनों को अवक्षेपित (Precipitate) कर लिया जाता है । इन तत्त्वों के सवण, जो बनते हैं तलछट के रूप में नीचे बैठ जाते हैं ।

रसायनशास्त्री प्रयोगशालाओं में अपने प्रयोगों में धासुत (Distilled) जल उपयोग करते हैं। इसे विशेष उपकरणों की सहायता से प्राप्त किया जाता है। साधारण जल को बमके में उबालते हैं। भाप कन्डेसर में जाती है, जहाँ वह कन्डेन्स होकर पानी बन जाती है। पानी की बून्दें ढूँढ़क कर रिसीवर में बनी जाती है। किन्तु धासुत जल में 0.5-8 मिलीग्राम प्रति लीटर लवण होते हैं। इतनी मिलावट डिस्टिल्ड पानी में सम्पन्न होने वाली प्रति त्रियात्रों में कोई प्रभाव नहीं डालती है। किन्तु जल के गुणों के अध्ययन के लिये यह आवश्यक है कि उसे और अधिक सूक्ष्मता से परिशुद्ध किया जावे।

पिछली शताब्दी में अधिक शुद्ध जल डिस्टिल्ड पानी को दोबारा एक छोटे उपकरण में, जिसमें वायु पम्प द्वारा निकाल ली जाती थी, डिस्टिल करके प्राप्त करते थे। धासुत जल को जिस प्लास्क में एकत्रित किया जाता था उसे प्रयोग करने के पूर्व दस वर्ष पानी से विक्षालित (Lixivate) किया जाता था।

वर्तमान समय में अधिक शुद्धता वाले, उदाहरण के लिये साइसोटोपीय विश्लेषण के लिये, जल प्राप्त करने के लिये जटिल विधियाँ प्रयोग में लाई जाती हैं। अब किसी प्लास्क की लय्यारी में दस वर्ष लगाने की आवश्यकता नहीं रह गई है। वर्तमान रसायन को जल की परिशुद्धि के लिये सर्वाधुनिक शक्तिशाली माध्यम उपलब्ध है।

साधारणतः जल की शुद्धता की नाप उसकी विद्युत् संवहन करने की शक्ति से की जाती है। जितना ही कम वह विद्युत् संवहन करेगा उतना ही अधिक वह शुद्ध होगा।

बहुत ऊँची घंटी की शुद्धता वाला जल प्राप्त करने के लिये दोहरे घाम-वन वाली पपूर्ण कई बार की जाने वाली घातवन विधि के माध्यम द्वारा में उसे घावोमीनों से व्यवहृत करके शुद्ध करते हैं। कार्बनिक पदार्थों की मिलावट से शुद्ध करने के लिये जल Co-60 के गामा-विकरण से पारित करते हैं। कार्बनिक मिलावटें कार्बन-डाइ आक्साइड गैस में परिणत हो जाती है, जो निष्पन्न गैसों के प्रघमन (Insufflation) द्वारा बाहर निकाल ली जाती है। घोर कोबाल्ट क्रिस्टलीयन के पलायन बनने वाली हाइड्रोजन पर आक्साइड को आक्साइडेट क्रिस्टलों के प्रघात से विघटित कर देते हैं। शुद्ध जल ने विचारन का बहुत बड़ा उपकार दिया है।

प्राकृतिक मान

हम बोलते हैं, "इतने घन केटीग्रैड"। केटीग्रैड तापमान अन्तराष्ट्रीय है। वायुमण्डलीय दबाव पर शुद्ध-जल के उबलने एवं जमने के तापमानों के

घनत्व का सौवां भाग सेन्टीग्रेड तापमान का एक अंश होता है, जो सेन्टीग्रेड तापमानिक पैमाने की इकाई निर्धारित की गई है।

जल प्रकृति में सर्वाधिक फंला हुआ पदार्थ है। उसकी सहायता से 0°C तथा 100°C तापमान पर्याप्त सरलता से प्राप्त किए जा सकते हैं। इसी कारण से इसमें कोई आश्चर्य नहीं कि तापमानिक पैमाने के लिए उसने आदर्श प्राकृतिक मान प्रदान किया। जल न केवल तापमान के विचार से सम्बन्ध रखता है वरण पदार्थीय आयतन, भार एवं ऊष्मा से भी सम्बन्धित है।

ग्राम एक सशतं मात्रिक इकाई है।

ग्राम चार अंश सेन्टीग्रेड तापमान पर, जिसमें जल का घनत्व अधिकतम होता है, एक घन सेन्टीमीटर जल का द्रव्यमान और वजन है।

घोर पानी का महत्त्वपूर्ण गुण इकाई प्राप्त करने के कार्य में उपयोग किया गया है। एक किलोग्राम भार की लोहे की इस्तरी विद्युत् चूल्हे पर रखिए। उसी प्रकार के अन्य चूल्हे में अल्पमिनियम की पत्तीली में एक किलोग्राम पानी रखिये। कुछ समय बाद लोहे को भाप नहीं छू सकेंगे जबकि पानी केवल बहुत हल्का गर्म होगा। अन्य पदार्थों की अपेक्षा जल एक अंश तापमान बढ़ाने के लिए बहुत अधिक उष्मा मांगता है। किसी वस्तु के एक ग्राम पदार्थ को एक अंश तापमान बढ़ाने के लिए जितनी ऊष्मा दरकार होती है, उसे उस पदार्थ की विशिष्ट ऊष्मा (Specific heat) कहते हैं। जल की विशिष्ट ऊष्मा सबसे अधिक ऊंची होती है और जल के इस गुण को भी ऊष्मा की इकाई—कारोलरी निर्धारित करने के लिये किया गया है।

पानी की तीन अवस्थायें

मधुंवारे बड़े उद्योगी पुरुष होते हैं। जाड़ों में भी मछली पकड़ने का कार्य करते रहते हैं। बर्फ में छेद करते हैं, पानी में बसी डालते हैं—प्रतीक्षा करते हैं। जल्दी या देर से शिकार मिलता है। उनमें से बहुत से शायद ही कभी सोचते हैं कि इस आनन्द के लिए पानी की एक अनैयमितता (Anomaly) के आभारी हैं। जल की इस अनैयमितता के बिना तालाब या नदी थोड़े से शीत में ही द्रव की ठोस होती हुई पपड़ी से ढक जाते और अधिक तेज शीत में सीधे नीचे तल से ऊपर तक बर्फ से जम जाते हैं। और यह किस कारण : तापमान बढ़ने से सब पदार्थों का आयतन बढ़ता है। इसके अपवाद घटुयें थैलियम, बिस्मथ और..... जल हैं। जल इस नियमितता का अनुसरण नहीं करता है। 0°C से $+4^{\circ}\text{C}$ के मध्य उसका आयतन तापमान बढ़ने से कम होता है। इसीलिए जाड़ों में जब वायु का तापमान 0°C से नीचे होता है पानी जलाशय के पंदे तक नहीं जमता है।

स्वयं निर्णय कीजिए : हमारे सामने तालाब है । उसके ऊपरी घरातल का तापमान 4° सेन्टीग्रेड पर पहुँचा है । इस तापमान पर जल का घनत्व अधिकतम है । फलतः जल की सबसे ऊपर की तह पेंदे की ओर नहीं जायेगी । ओर अधिक ठंडक होती है । तापमान 0°C पर पहुँच जाता है । ऊपरी तह पेंदे की ओर नहीं जाती है, अपने स्थान पर रहती है और बर्फ बन जाती है । जितना ही अधिक शीत पड़ेगा उतनी ही अधिक मोटी बर्फ की पर्त बनेगी, किन्तु इस बर्फ की पर्त के नीचे पानी बना रहूँगा ।

बर्फ ऊष्मा का संवहन बहुत कम करता है । यह लिहाफ की तरह जल की नीचे की तहों को ठंडा होने से बचाता है । 0°C पर जल 4°C की प्रवेक्षा हल्का होता है । गुणात्मक दृष्टि से जल की नई समस्या--बर्फ ('ठोस जल')—घपनी बनावट में अधिक "कुरकुरी" होती है ।

किस गति से पानी गर्म होता है और बर्फ पिघलता है

हल कह चुके हैं कि जल की विशिष्ट ऊष्मा ऊँची होती है । एक ग्राम जल को एक अंश तापमान से गर्म करने के लिए एक कॅलोरी ऊष्मा की आवश्यकता होगी । यह बड़ी मात्रा है । एक लिटर जल को कमरे के तापमान से उबाल-बिन्दु तक गर्म करने के लिए इतनी ऊर्जा की आवश्यकता पड़ेगी जितनी तीन किलोग्राम वजन के कुत्ते के बच्चे को दस हजार मीटर ऊँचा उठाने में व्यय होती है । जल धीमे धीमे गर्म होता है और उतनी धिमाई से ठंडा भी होता है । इसी कारण जलीय प्रणाली द्वारा भवनों को गर्म करने (hot water heating) में जल का उपयोग सुविधापूर्ण होता है । परमाणविक रिएक्टरों में भी जल का उपयोग ऊष्मा संचालक (heat conductor) के रूप में किया जाता है ।

जल की उच्च तापीय धारिता हमारे ग्रह की जलवायु निर्धारित करने में बहुत बड़ा भाग लेती है । मिट्टी तेजी से गर्म होती है और उतनी ही तेजी से ऊष्मा दे देती है । पर जल गर्मियों में सूर्य से प्राप्त ऊष्मा को व्यर्थ नहीं फेंक देता । पूरे जाड़े भर महानगरी और सागरों का जल अपने ऊपर स्थित वायुमंडल को गर्म करता रहता है ।

जल धीमे-धीमे गर्म होता है और उतने ही धीमे बर्फ पिघलता भी है । बर्फ को पानी के रूप में पिघलाने के लिये ऊष्मा की एक निश्चित मात्रा व्यय करने की आवश्यकता पड़ती है । इसे पिघलाने को ऊष्मा कहा जाता है । एक ग्राम पदार्थ को पिघलाने के लिये आवश्यक ऊष्मा को पदार्थों के गलन (पिघलन) की विशिष्ट ऊष्मा कहते हैं । बर्फ के लिये यह विशिष्ट ऊष्मा लगभग 80 कॅलोरी होती है । केवल प्ल्यूमिनियम की गलन की विशिष्ट ऊष्मा इससे ऊँची होती है ।

एक ग्राम जल को वाष्प में परिणित करने के लिये कितनी ऊष्मा की आवश्यकता होगी ? 538 कैलोरी । जल ज्ञात द्रवों में सबसे अधिक ऊष्मा अपने वाष्पीभवन (evaporation) के समय लेता है । स्टीमरों, रेल के इंजिनों, स्टीम (वाष्प से चलने वाले) टर्बिनों के फलकों को चलाते हुए जलीय वाष्प की ऊर्जा को बहुत सी दशाव्दियां बीत चुकी हैं ।

जल का नाजुक खुला हुआ ढांचा

पानी बर्फों अन्य द्रवों से इतनी विभिन्नता प्रगट करता है ? इसका क्या कारण है कि बर्फ की घनता पानी से कम होती है, पानी सर्वाधिक घना होता है, उसकी तापीय धारिता सबसे अधिक होती है और उसके वाष्पीभवन (Vapourisation) की ऊष्मा सबसे अधिक होती है ?

जल के व्यवहारों की भनैयामिकता उसके ढांचे की विशेषताओं से सम्बन्धित है । जल का अणु असममित (Asymmetrical) होता है : उसमें घनात्मक एवं श्रृणात्मक प्रभारों के गुरुत्व-केन्द्र एक दूसरे पर सन्निकषित नहीं होते हैं । जलाणु में ध्रुव होते हैं और चुम्बक पत्थर की भांति ही, उसमें दो ध्रुव होते हैं : एक हाइड्रोजन परमाणुओं से बना घनात्मक प्रभार, दूसरा धावसीजन का श्रृणात्मक प्रभार । जल में हाइड्रोजनीय बंधन कहलाने वाले जोड़ बनते हैं । एक जल के अणु की हाइड्रोजन दूसरे जलाणु के धावसीजन से बंधी होती है ।

जल में हाइड्रोजन दो धावसीजनों से एक साथ जुड़ी रहती है : अपने अणु की धावसीजन से और दूसरे अणु की धावसीजन से । "अपने" अणु की धावसीजन से वह अधिक दृढ़ता से जुड़ी होती है । यह ध्यान रखिये कि जल में इसी प्रकार की क्षमता रखने वाले अन्य द्रवों की अपेक्षा हाइड्रोजनीय बन्धन अधिक दृढ़ होते हैं ।

फलतः, जलीय अणु आपस में एक दूसरे से अन्य किसी भी द्रव के अणुओं की अपेक्षा अधिक दृढ़ता से जुड़े होते हैं ।

फिर, ये किस प्रकार स्थित होते हैं ? पहले हम बर्फ को लेते हैं, जो जल की ठोस अवस्था है । कल्पना कीजिये कि हमें एक सन्दूक में बिलियर्ड के गेंद इस प्रकार रखने हैं कि वे जहाँ तक भी सम्भव हो सके कम संख्या में रखे जायें और साथ ही साथ स्थायी ढांचा भी बनावें । इस समस्या को हल करने पर हमें पता लगेगा कि हमारे कोष्ठक में एक गेंद केवल अन्य चार गेंदों को छूता है । यहाँ गेंदों की भरावट (Packing) कम घनत्व वाली होती है : इस भरावट का ढांचा खुला हुआ होता है, उसमें बहुत सी खाली जगह रहनी है । इन खाली स्थानों की साइजें गेंदों की साइजों से कुछ बड़ी होती हैं । अब गेंदों के स्थान पर जल के

अणुओं को ले लीजिये । हमारे सामने बर्फ की घनावट का ढांचा घा जायेगा । अणु आपस में हाइड्रोजनीय बन्धनों से जुड़े होते हैं । कोष्ठक को जोर से हिला दीजिये । बर्फ का ढांचा टूट जायेगा और अवश्य ही अधिक घना हो जायेगा । बर्फ का पिघलना उसके ढांचे का अणु विघोष "भिटका" है ।

चूँकि पानी के अणुओं के हाइड्रोजनीय बन्धन पर्याप्त दृढ़ होते हैं, उसका ढांचा—उसके अणुओं का अवकाशिक जाल (Spacial net)—आधारतः बर्फ के ढांचे की पुनरावृत्ति होती है । अनुसन्धानकों द्वारा लिये गये रेडियो चित्रणों से यह सिद्ध होता है । बर्फ का पिघलना उसके ढांचे के खाली स्थानों का अणु भरना है । पिघलने से उसकी घनता में वृद्धि होती है और आयतन में कमी हो जाती है ।

0° सेन्टीग्रेड से 4° सेन्टीग्रेड तक प्रागे के तापमानिक बढ़ाव निम्न प्रक्रियाओं को जन्म देते हैं :—एक ओर जल के अणु संतुलन-केन्द्र के चारों ओर अपने कम्पनों (Vibrations) को तेज कर देते हैं, दूसरी ओर अधिकाधिक संख्या में अणु खाली स्थानों में प्रवेश करते हैं । अधिकाधिक किफायतगारी वाला (Economic) ढांचा बनता है, जिसमें जल को अधिकतम घनता प्राप्त हो जाती है तापमान का बढ़ाव संतुलन केन्द्र के चारों ओर अणुओं के कम्पनों में बढ़ती लगाता है, जिसका अर्थ है कि आयतन में वृद्धि उत्पन्न करता है ।

जलीय पदार्थ की ऊँचा तापीय धारिता जल के अणुओं द्वारा ढांचे के खाली स्थानों को भरने से सम्बन्धित है । ऊष्मा अणु के हाइड्रोजनीय बन्धनों को तोड़ने में व्यय होती है ।

ढांचे के खाली स्थान में प्रवेश करते हुए वह दूसरे अणुओं से अपने बन्धन तोड़ लेता है । यही बात यह भी स्पष्ट करती है कि क्यों जल के वाष्पी भवन की ऊष्मा इतनी अधिक होती है : यहाँ भी ऊर्जा हाइड्रोजनीय बन्धनों को तोड़ने में व्यय होती है ।

इस प्रकार, जल के गुणों को अनैयामिकतायें एक ओर खाली स्थान रखने वाले उसके ढांचे से सम्बन्धित हैं और दूसरी ओर हाइड्रोजनीय बन्धनों की दृढ़ता से ।

जल, जो खराब नहीं होता है

क्या जल को महीनों, गर्मियों में भी, बगैर खराब हुए खुली हवा में रखा

जा सकता है ?

यह ऐतिहासिक सत्य है कि ढाई हजार साल पहले ईरान के जार कीर ने लड़ाई के अभियानों के समय विशेष चादी के बर्तनों में रखे हुए "पवित्र पानी"

का उपयोग किया था। यह जल बीमारी से रक्षा करता है और सालों खराब नहीं होता है। और बाद के लम्बे समय तक यह "पवित्र" जल अनेक धार्मिक संस्कृतियों के सेवकों के कार्त्तिक चिन्तन का विषय बना रहा।

उन्नीसवीं शताब्दी के उत्तरार्ध में वैज्ञानिकों की दिलचस्पी स्वास्थ्य-प्रद जल की ओर गई। जर्मन जीव-शास्त्र-विशारद नेगेली ने एक बर्तन में, जिसमें बारह लिटर जल था, बारह चांदी के सिक्के रखे। कुछ समय बाद उसे ज्ञात हुआ कि उस जल में एककोशिक सिद्धांतों (Unicellular Water Plants) तथा बैक्टीरिया मार देने की क्षमता आ गई है। इसके साथ ही यह भी पता चला कि 100 मिलियन पानी के भागों के लिये एक भाग चांदी इस कार्य के लिये पर्याप्त होती है।

मालूम हुआ कि इसी प्रकार का गुण ताँबे में भी पाया जाता है। इसको प्रोलिगोडायनेमिक प्रभाव कहा जाता है (ग्रीक भाषा के शब्द प्रोलिगोस के अर्थ हैं—चिह्न तथा डायनामिस के अर्थ हैं—कार्यवाही)।

"चांदीकृत पानी" ने समय के साथ व्यापक व्यावहारिक उपयोग चिकित्सा के क्षेत्र में तथा खाद्य पदार्थों के परिरक्षण (Conservation) में प्राप्त कर लिया है।

यदि पेचिश, टायफाइड, स्टैफिलो कोकस (गुच्छ गोलाणु) तथा स्ट्रेप्टो-कोकस (मनका गोलाणु) के बैक्टीरिया से दूषित जल में प्रति लिटर आधा ग्राम चांदी डाल दी जाये तो वह प्राये घण्टे में उस जल के बैक्टीरियाओं को मार देगी। चांदी के विद्युत्-व्युत्प्रेय (Electrolytic) घोलों का उपयोग, सूजन, भ्रामाशय और ग्रहणी (Duodenal) के अल्सरों की चिकित्सा के लिये किया जाता है।

रसायन की दृष्टि में जल

अठारहवीं शताब्दी के रसायन शास्त्री जल को तत्व समझते थे। सन् 1766 ई० में कैवेन्डिश द्वारा हाइड्रोजन की खोज तथा उसके जलाने पर किये गये प्रयोगों ने लैवाजिये ने जल को तत्व (element) मानने में सन्देह करने का कारण उपस्थित किया। 1783 ई० में कैवेन्डिश ने खोज की कि "जलने वाली वायु" (हाइड्रोजन) जो धातुओं पर अम्लों के प्रभाव से प्राप्त होती है और साधारण वायु का पचमांश (यानी आक्सीजन) जलने पर जल बनाते हैं, समझा जावेगा कि पूरी बात स्पष्ट है, किन्तु प्लाजिस्टन का सिद्धान्त कैवेन्डिश को भ्रमित कर रहा था। उस समय रसायन में प्लाजिस्टन का सिद्धान्त अपना प्रभाव जमाये था। सब वैज्ञानिक इस बात में एकमत थे कि कुल जलनशील पदार्थों में भारहीन, न दिखाने, न सुनाई पड़ने वाला तत्व प्लाजिस्टन विद्यमान

होता है। जब पदार्थ जलता है तब पलाजिस्टन धूँस हो जाता है और वह न जलने वाली उपज में बदल जाता है : जलने वाला ईंधन (fuel) = पलाजिस्टन + सिंडर। धात्वोय धाक्साइड का जलने वाले कोयले से घटाव (Reduction) पलाजिस्टनवादी इस प्रकार स्पष्ट करते थे : धाक्साइड + पलाजिस्टन = धातु। इसके धर्म हैं कि कोयले में पलाजिस्टन फिर धातु में चला जाता है, इसीलिये धातु जलता है किन्तु कार्बन-डाइ-धाक्साइड गैस नहीं जलती है। हाइड्रोजन प्राप्त करने पर कैवेन्डिश ने यह निश्चय किया कि उसके हाथों में पकड़ में न आने वाली पलाजिस्टन था गई है। और इसीलिये उनमें कहा कि जल और कुछ नहीं है केवल "जीवन दायिनी वायु" (धाक्सीजन) पलाजिस्टन से संयोजित होने के बाद जल बन जाती है।

इसी समय फ्रांस में प्र० लैवाजये पलाजिस्टन सिद्धान्त के प्रतिवाद में उसे गलत सिद्ध करने के लिये रासायनिक प्रयोग कर रहा था। उसको यह स्पष्ट हो गया था कि पलाजिस्टन कोई पदार्थ नहीं है। पर क्या स्वयं जल योगिक है? इस प्रश्न का उत्तर उस समय तक लैवाजये ठीक-ठीक न दे सका था। जब उसके पास कैवेन्डिश के प्रयोग की सूचना पहुँची, तो लैवाजये ने बड़े उत्साह के साथ पूरी प्रमाणिकता से उसे फिर दोहराया। हाइड्रोजन के उबलन से जल प्राप्त करते हुए उसने हर प्रकार की वैज्ञानिक जाँच द्वारा इसे पुष्ट किया। यह विश्वास होने के बाद कि उसके सामने वस्तुतः शुद्ध डिस्टिल्ड जल था, लैवाजये ने जल को, जो संकड़ों वर्षों से सामान्य तत्व माना जाता था, योगिकों की श्रेणी में रखवा। जल "जलने वाली वायु" तथा "प्राण सम्पोषिणी वायु" हाइड्रोजन तथा धाक्सीजन के संयोजन से बना है—यह घोषणा सबसे पहले लैवाजये ने की। 1785 ई० में उसने जल की वनाबट निश्चित की। उसके धाँकड़ों के अनुसार जल में 85 प्रतिशत धाक्सीजन और 15 प्रतिशत हाइड्रोजन थी।

वर्तमान धाँकड़ों के अनुसार जल में 88.81 प्रतिशत धाक्सीजन तथा 11.19 प्रतिशत हाइड्रोजन है।

हाइड्रोजन के प्रथम पग

सारे संसार के वैज्ञानिक कैवेन्डिश द्वारा खोजी गई गैस का समाचार पाकर स्तम्भित हो गये, यह गैस साधारण वायु की अपेक्षा कई गुणा हल्की थी। सन् 1781 ई० में इटली के प्रोफेसर ले कैवालो ने साबुन के बुलबुलों में हाइड्रोजन भरी। वे तेजी से ऊपर उठे और छत्र से टकरा कर फूट गये।

सन् 1783 ई० में पेरिस में प्रोफेसर शार्ल के निरीक्षण में पहला गुब्बारा सबसे हल्की गैस हाइड्रोजन से भर कर उड़ाया गया। इसके लिए 18 घन मीटर

गैस की आवश्यकता पडी थी, जो उस समय के विचार से हाइड्रोजन की एक विशाल मात्रा थी। शार्ल ने एक दूत में बारह बड़े पीपे रखे और उसमें लकड़ी का बुरादा (Saw dust) भरा और फिर उसमें तनुकृत गंधकीय अम्ल (Diluted Sulphuric acid) डाला। पीपों में सीसा (lead) के नल लगे थे जिनसे होकर हाइड्रोजन गैस सम्मिश्रित रिसीबर में पहुँचती थी। रिसीबर से गैस हवाई गुब्बारे में जाती थी।

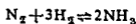
शीघ्र ही गुब्बारे केवल हाइड्रोजन से भरे जाने लगे। उस समय सल्फूरिक एमिड बडी महंगी थी और हाइड्रोजन प्राप्त करने के लिए लैत्राजये की लोह-वाष्पीय विधि का उपयोग किया था। उसने लाल तप्त लोहे की खोलली छड़ के अन्दर से जलीय वाष्प निकालते हुए हाइड्रोजन प्राप्त की थी। पानी विघटित होते हुए हाइड्रोजन गैस उन्मुक्त कर देता था और आवश्यक गैस लोहे से संयोजित होते हुए सिहर देती थी।

1794 ई० में फ्रांसिस्का के प्राक्रमणकारियों के विरुद्ध लड़ने वाली उत्तर फ्रांस की सेना में योद्धिक बँलूनों की एक कोर स्थापित की गई थी। फ्रेडम के युद्ध के समय फ्रांसिसियों ने सैनिक इंजिनियरों के सहित बँलून उड़ाये, जो शत्रुओं की चालों की पूर्व सूचना अपनी सेना को देते थे।

बीसवीं शताब्दी में बँलून में हाइड्रोजन के स्थान पर हिलियम गैस का प्रयोग होने लगा। इसके बाद स्वयं बँलूनों के स्थान पर वायुमनों का प्रयोग होने लगा। किन्तु बँलूनों ने अपनी भूमिका 1941 ई० के कठिन दिनों में भी अदा की। वे रात में मास्को तथा अन्य बड़े नगरों के ऊपर उड़ते थे और शत्रु के हवाबाजों को अपने धम बडी ऊँचाई से बगैर लक्ष्य देखे डालने के लिए बाध्य करते थे, नहीं तो वे उड़ने वाले बँलूनों से बंधे हुए मोटे तारों से टकरा जाते।

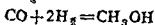
हाइड्रोजन उद्योग के क्षेत्र में

बहुत समय तक हाइड्रोजन की केवल बँलूनों में भरने के लिए ही उत्पादित किया जाता था। बीसवीं शताब्दी के आरम्भ तक उसका उपयोग रासायनिक उद्योग में नहीं किया जाता था। यह कहा जा सकता है कि उन्नीसवीं शताब्दी में इस गैस का औद्योगिक उत्पादन कुछ नहीं था। अमोनिया संश्लेषण के लिए विशाल मात्रा में हाइड्रोजन की आवश्यकता पडी। मिलियनों घन मीटर हाइड्रोजन की माँग हुई। प्रायः जानते हैं कि दो घन मीटर अमोनिया के प्राप्न करने के लिये एक घन मीटर हाइड्रोजन तथा तीन घन मीटर हाइड्रोजन आवश्यक होगी :



1924 ई० में अमोनिया का एक शक्तिशाली प्रतियोगी हाइड्रोजन की माँग करने में निकल आया। यह था मिथिलेटेड स्पिरिट-मैथेनोल (Methanol)। यह

रासायनिक उद्योग का बहुमूल्य कच्चा माल है। उत्पादन में कार्बन-मोनोक्साइड और हाइड्रोजन से उत्प्रेरक की सहायता से मिथिलेटेड स्पिरिट प्राप्त करने की विधि का प्रचलन हुआ :



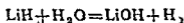
इस समय हाइड्रोजन के मुख्य स्रोत पानी की गैस और कोक गैस हैं, जिनमें 50-60 प्रतिशत हाइड्रोजन होती है।

हाइड्रोजन की बड़ी मात्रा कोयले से द्रव मोटर का ईंधन प्राप्त करने में व्यय होती है। कोयले को हाइड्रोजन से संतृप्त करते हैं, तकनीक में इस विधि को 'हाइड्रोजनेशन' के नाम से सम्बोधित किया जाता है। यह क्रिया विशाल दबाव एवं उच्च तापमान पर लोहे या निकल उत्प्रेरक की उपस्थिति में चलती है।

चर्बियों के हाइड्रोजनेशन का भी बड़ा महत्त्व है। चर्बियां पशुओं और वनस्पतियों से प्राप्त होती हैं। गाय के दूध से मक्खन निकाला जाता है—यह पशु से प्राप्त चर्बी है। सूरजमुखी का तेल, जो सूरजमुखी के बीजों से निकाला जाता है, वनस्पति से प्राप्त चर्बी है। संसार में वनस्पतीय चर्बियां पशुओं से प्राप्त चर्बियों की अपेक्षा पांच गुना अधिक उत्पादित की जाती हैं। पशुओं से प्राप्त चर्बियां अधिक पुष्टिकर एवं स्वादिष्ट होती हैं। जैविक (पशु की) चर्बियों में हाइड्रोजन की मात्रा वनस्पतीय तैलों की अपेक्षा अधिक होती है। "क्या वनस्पतीय तैलों में हाइड्रोजन की मात्रा बढ़ाकर उनका कैलोरी-मान (Caloricity) बढ़ाना सम्भव है?" इस समस्या को हल करने का बीड़ा रासायन-शास्त्रियों ने उठाया। प्रगत हुआ कि यह सम्भव है। इसके लिए आवश्यक था कि वनस्पतिक तैलों (सूरजमुखी, बिनोला, सोयाबीन, तिलहन आदि) को 300°C तापमान तक गर्म करके उनसे होकर हाइड्रोजन पारित किया जावे। इसके साथ ही एक टन तेल के लिए 15 किलोग्राम निकल का चूर्ण उत्प्रेरक के रूप में आवश्यक होता है। प्रतिक्रिया के घन्टे में निकल तेल से फिल्टर प्रेस के द्वारा छान करके पृथक् कर लिया जाता है। ठोस चर्बी प्राप्त होती है जिसमें कुछ जैविक चर्बी मिलाकर मार्गरीन तैयार की जाती है। मार्गरीन कैलोरी मान में मक्खन से बहुत हल्की घटिया होती है। वनस्पतिक तैलों के हाइड्रोजनेशन के द्वारा ठोस चर्बियां प्राप्त होती हैं, जो साबुन बनाने के लिये बहुत उपयुक्त होती हैं।

योगिक या घोल

हाइड्रोजन के अन्य तत्वों के साथ योगिक हाइड्राइड कहलाते हैं और क्षारीय तथा क्षारीय मिट्टी की धातुओं से हाइड्रोजन के योगिक लवणवत् हाइड्राइड होते हैं; वे बनावट में हैलायड लवणों के समान होते हैं। ये हाइड्राइड अत्यन्त सक्रिय होते हैं; वे जल से तेजी से संयोजन करते हुए हाइड्रोजन उन्मुक्त करते हैं :



उड़नशील हाइड्राइड, विशेषकर बोरान हाइड्राइड (बोरन) और सिलिकन हाइड्राइड (सिलान), अपनी संरचना एवं गुणों की दृष्टि से बड़े दिलचस्प होते हैं।

रासायनिक गुणों की दृष्टि से बोरान कार्बोहाइड्राइडों के समान होते हैं। बोरान राकेट-का-मुख्यार्थक होते हैं: एक किलोग्राम पेन्टाबोरान जलने पर एक किलोग्राम वेन्जीन (15100 K. Cal/ग्रणु) की अपेक्षा अधिक ऊष्मा देता है।

हाइड्राइडों का तीसरा व्यापक समूह भारी धातुओं के हाइड्राइडों हैं, जो पहले दो प्रकार के हाइड्राइडों से बड़ी विभिन्नता प्रकट करते हैं। उदाहरण के लिये, इस समूह में एक आयतन (Volume) प्लैडियम, कमरे के तापमान पर हाइड्रोजन के 850 आयतन (Volume) अवशोषण करने की क्षमता रखता है। इस क्रिया से धातु में कोई फुलाव कठिनता में दिखाई पड़ती है। मूलतः यहाँ यह नहीं कहा जा सकता कि कोई निश्चित यौगिक बना। लोहा बहुत ही कम अंश तक हाइड्रोजन अपने में धोलाता है किन्तु ऊँचे तापमानों पर हाइड्रोजन गैस की बहुत बड़ी मात्रा सोख लेता है। उत्पादन में इन्जीनियरों द्वारा प्रमोनिया का संश्लेषण प्रारम्भ करने पर बड़ी कठिनाई "लोहे" की हाइड्रोजनीय बीमारी", का सामना करना पड़ा। ऊँचे तापमान पर हाइड्रोजन इस्पात में घुल जाती है और उसकी दृढ़ता में कमी पैदा कर देती है।

कासमास की ध्वनि

पृथ्वी के ऊपरी परपट्टे में वजन से एक प्रतिशत हाइड्रोजन है। लगभग यह कुल हाइड्रोजन यौगिक रूप में—जल के रूप में तथा कार्बोनिक यौगिकों पानी मिट्टी का तेल, कोयला, वनस्पति आदि के रूप में है। वायुमंडल में केवल पाँच सौ हजारवें अंश प्रतिशत हाइड्रोजन है।

किसी समय हमारी पृथ्वी का वायुमंडल घबकारी (Reducing) था और उसमें इस समय से कई गुना अधिक हाइड्रोजन थी। वनस्पतियों के फोटी संश्लेषण के फलस्वरूप पैदा होने वाली प्राक्सीजन ने हाइड्रोजन का एक बहुत बड़ा अंश अपने से संयोजित कर लिया। दूसरी ओर हाइड्रोजन-निरन्तर पृथ्वी के वायुमंडल को छोड़ रही है। यह गैस बहुत ही अधिक हल्की होती है। इसके ग्रणु सर्वाधिक गतिशील होते हैं। हाइड्रोजन अन्य गैसों की अपेक्षा बहुत अधिक तेजी से आकाश में वितरित हो जाती है।

हाइड्रोजन के ग्रणुओं की हरकत की औसत रफ्तार कमरे के तापमान पर दो किलोमीटर प्रति सेकण्ड तक होती है। किन्तु गैस में सदैव ऐसे ग्रणु भी रहते हैं जिनकी चलने की गति इससे कहीं अधिक होती है। ऐसे भी ग्रणु होते हैं जो

11.3 किलोमीटर प्रति सेकण्ड की गति से चलते हैं, जो पृथ्वी के ग्राह्यण को पार कर लेने भर के लिये पर्याप्त होती है। इसी कारण से वायुमण्डल की सबसे ऊंची प्रभारित परतों से निरन्तर हाइड्रोजन के अणु वायुमण्डल के बाहर अन्तरिक्ष में निकला करते हैं। वे कासमास में उड़ते हैं। कासमास में हाइड्रोजन तत्व की प्रधानता है। प्राधुनिकतम गणना के अनुसार निरीक्षण यन्त्रों की पहुंच के अन्दर के ब्रह्माण्डीय भाग में 81 प्रतिशत हाइड्रोजन है, 18.7 प्रतिशत हीलियम है, मैडेलीफ की आवृत्त सारणी के श्रेण 100 तत्व कुल 1 प्रतिशत से कम हैं।

हाइड्रोजन के रेडियो-विकिरण ब्रह्माण्डीय रेडियो विकिरण हैं। गैस के तटस्थ परमाणु अन्तर्ग्रहीय अन्तरिक्ष में परस्पर टकराते हुए 21 सेन्टीमीटर की तरंग दीर्घता की रेडियो तरंगें विकीर्णित करते हैं। यह रेडियो विकिरण सब स्थानों पर समस्त ब्रह्माण्ड में है। यह कासमास की धूल द्वारा अवशोषित नहीं होता है और गैलेक्सी के अधिकतम दूर कोनों तक पहुंचता है। इस रेडियो विकिरण के द्वारा गैलेक्सी में हाइड्रोजन गैस के वितरण का चित्र जाना जा सकता है, तारों के दरम्यान स्थित गैस की चाल का अध्ययन किया जा सकता है।

21 सेन्टीमीटर रेडियो की तरंग दीर्घता (Wave length) ब्रह्माण्डीय रेडियो विकिरण का मुख्य एवं आधारभूत चरित्र है। वह अध्ययन के लिये समस्त ब्रह्माण्ड के बुद्धि जीवियों के लिये खुली है। यह जान लेना चाहिये कि हमारा ग्रह इस असीम ब्रह्माण्ड में कोई असाधारण पिण्ड नहीं है। यदि हम ब्रह्माण्ड में बुद्धि वाले जीवों की उपस्थिति का अनुमान लगाते हैं तो इसी प्रकार ब्रह्माण्ड के अन्य ग्रहों में बसने वाले बुद्धि रखने वाले जीव हमारी उपस्थिति का भी अनुमान लगा रहे होंगे। हम लोगों को ज्ञात सर्वाधिक तेज सम्बन्ध स्थापित करने का साधन एलेक्ट्रोमैग्नेटिक रेडियो तरंगें हैं। सर्वाधिक उचित तरंग दीर्घता इस काम के लिये हमें प्रकृति से मिली है—यह 21 सेन्टीमीटर है।

इस समय वैज्ञानिकों ने कार्बिक रेडियो सम्बन्धों के लिये 21 सेन्टीमीटर तरंग दीर्घता पर उपकरण तैयार कर लिया है। हमारी ग्रहीय प्रणाली के निकटतम सूर्य से मिलते हुए सितारों ताउ-कीता तथा एप्सीलोन एरीडाना का अध्ययन प्रारम्भ हो चुका है। हमारे ग्रह से उन तक 11 प्रकाश-वर्षों की दूरी है। और कोन जानता है, हो सकता है, 21 सेन्टीमीटर तरंग दीर्घता, पर इस पृथ्वी में हजारों प्रकाशवर्ष दूर ग्रहों पर बसने वाले प्राणियों के द्वारा भेजे हुए रेडियो संकेत आ रहे हों !

हाइड्रोजन-दो, हाइड्रोजन-तीन

1932 ई. में प्राकृतिक हाइड्रोजन से भारी आइसोटोप-ड्यूटीरिया प्राप्त किया गया। इसका बीज केन्द्र प्रोटीन और न्यूट्रोन से बना होता है। प्रगत हुआ

कि प्रकृति की हाइड्रोजन में 5,500 परमाणु प्रोटियो (हल्की हाइड्रोजन ^1H को यह नाम दिया गया) में एक परमाणु ड्यूटीरियम (ड्यूटीरिया) का होता है। ड्यूटीरियम प्रोटोन से दो गुना भारी होता है और बड़ी कठिनता से उससे पृथक् किया जा सकता है। उदाहरण के लिये प्रोटिया 259°C पर द्रवित होती है जब कि ड्यूटीरिया 254.6°C पर द्रवित होती है। स्थिरांकों का यह अन्तर मूलतः ड्यूटीरिया को प्रोटियो से विलग करने में सहायक होता है। द्रव हाइड्रोजन के डिफ्यूजिशन से कुछ तलछट शेष मिलता है जिसमें 50 प्रतिशत ड्यूटीरिया होती है। पानी के विद्युतद्विभरण द्वारा भी यह भारी आइसोटोप प्राप्त किया जा सकता है। अधिक हल्की प्रोटिया तेजी से कैथोड में विलग हो जाती है और ड्यूटीरिया तलछट में सान्द्रित होती जाती है।

1939 ई० में कृत्रिम उपायों से एक अन्य हाइड्रोजन का आइसोटोप-हाइड्रोजन-तीन प्राप्त हुआ, जो प्रोटिया से तीन गुना भारी था।

शोध ही तीसरा आइसोटोप-हाइड्रोजन-तीन प्राकृतिक जल तथा वायुमंडल में स्वल्प मात्राओं में खोजा गया। यह पृथ्वी पर सबसे कम प्राप्त होने वाली गैस है, पानी में यह प्रोटिया की अपेक्षा $\frac{1}{8}$ गुना कम रहती है।

पृथ्वी के वायुमण्डल और उसके ऊपरी घरातल में कुल 1.8 किलोग्राम हाइड्रोजन-तीन है, जो रेडान की मात्रा से भी कम है।

1962 ई० में एक इटालियन वैज्ञानिक हाइड्रोजन का एक अत्यन्त अस्थिर आइसोटोप हाइड्रोजन-चार प्राप्त करने में सफल हुआ। बिल्कुल अभी हाल में हाइड्रोजन-पाँच के संश्लेषित किए जाने की सूचना प्राप्त हुई है।

अग्नि का तत्व

जल का लगभग 90 प्रतिशत आक्सीजन होता है, जिससे सारे संसार का जैविक अस्तित्व, सभ्यता का कुल इतिहास, विज्ञान तथा उद्योगों का विकास सीधे सम्बन्धित है।

जीवन की पहली मजिलों में अपने जीवन के विकास के लिए किये गये मानवता के संघर्ष अग्नि के लिए संघर्ष थे। अग्नि ज्वलन है, ज्वलन की माँग आक्सीजन है।

1774 ई० में अंग्रेज रसायनशास्त्री प्रिस्टली ने पारा की आक्साइड को गर्म करते हुये एक अज्ञात गैस को पृथक् होते हुये निरीक्षण किया, जिसमें मुलगते हुये सक्ड़ी के टुकड़े तेजी से चमकदार लौ देते हुए जलने लगते थे। उसी वर्ष स्वीडिश केमिस्ट (दवाफरोश) क० शीले की रचना भी प्रकाशित हुई। उसमें इसी गैस को साल्टपीटर, पारा की आक्साइड तथा मिनीयम (लाल सिन्दूर) से प्राप्त करने का वर्णन किया गया था। दोनों वैज्ञानिक पलायन सिद्धान्त के

मानने वाले थे। उन्होंने इस नई गैस का नाम "डीपनाजिस्टनाइज्ड" अर्थात् "पलाजिस्टन निकाली हुई" गैस रखा। उनके विचार से उनके द्वारा खोजी हुई गैस जलते हुए पदार्थों से बड़ी उत्सुकता से पलाजिस्टन ले लेती थी, यही कारण था कि वे उसमें वायु की अपेक्षा अधिक तेजी के साथ जलते थे।

जब प्रिस्टली की खोज के बारे में लैवाजये को पता चला, उसने समझ लिया कि ज्वलन भावसीजन का चलने वाले पदार्थों से संयोजन है, और किसी भी प्रकार पदार्थ से पलाजिस्टन का पृथक्करण नहीं है। थोड़े ही समय बाद लैवाजये ने रसायन के पलाजिस्टन सिद्धान्त का विरोध करने वाला अपना भावसीजन सम्बन्धी सिद्धान्त (Theory of Oxidation) दिया। शीले और प्रिस्टली ने भावसीजन का आविष्कार किया, वस्तुतः विज्ञान की भावसीजन की देन लैवाजये से प्राप्त हुई।

प्रिस्टली ने यह जान लिया था कि श्वसन के लिये भावसीजन अनिवार्य है। लैवाजये ने मनुष्य के श्वसन की क्रिया का गम्भीरतापूर्वक अध्ययन किया और इस निष्कर्ष पर पहुँचा कि जीवन मन्द.....ज्वलन है।

स्फिरिट चमकदार लौ के साथ जलती है और कार्बन-डाइ-भावसाइड गैस पानी और ऊष्मा देती है।

मानव शरीर भी भावसीजन अवशोषित करता हुआ यही पदार्थ बनाता है। श्वसन के समय शरीर द्वारा ली जाने वाली वायु की बनावट निम्न प्रकार की होती है :

21% O_2 , 0.03% CO_2 , 78.97% N_2 और श्वसन द्वारा बाहर निकाली हुई वायु की बनावट निम्न प्रकार की होती है,

16% O_2 , 5.03% CO_2 , 78.97% N_2

शरीर में प्रवेश करती हुई भावसीजन अन्ततः शारीरिक तन्तुओं से संयोजित होती है और कार्बन-डाइ-भावसाइड गैस, जल और ऊष्मा बनाती है। यह ऊष्मा स्वयं शरीर के अस्तित्व के लिए अनिवार्य होती है।

मानव-शरीर ने वायुमण्डल के दबाव तथा उसमें स्थित भावसीजन से अपने को आदी कर लिया है। 760 मिलीमीटर के कुल वायुवीय दबाव पर वायुवीय भावसीजन पृथ्वी के धरातल पर विशेषतः जैविक शरीरों पर लगभग 160 मिली-मीटर पारदिक स्तम्भ की शक्ति से अपना दबाव छोड़ती है।

एल्ब्रस की चोटी पर वायु के अंगों की प्रतिशतता (Percentage) वही है जो पर्वत के आधार पर है, किन्तु दबाव सामान्य से लगभग दो गुना कम है, अर्थात् भावसीजन के हिस्से का दबाव केवल 80 मिलीलीटर होता है।

छोटी पर चढ़ने वाला पर्वतारोही तेजी से दबाव की कमी का अनुभव करता है : रुधिर आक्सीजन से संतृप्त नहीं हो पाता है। एवरेस्ट पर्वत की चढ़ाई में पर्वतारोही को आक्सीजन देने वाले उपकरण अपने साथ ले जाने पड़ते हैं, जो शरीर को साधारण दबाव पर आक्सीजन देते रहते हैं। वायुयानों पर उड़ने वाले इन उपकरणों का व्यापक रूप से उपयोग करते हैं।

परन्तु, ऊँचे पर्वतीय क्षेत्रों में बसने वाले विरल वायुमण्डल में शांतिपूर्वक रहा करते हैं। उनके शरीर उस वायुमण्डलीय माध्यम के आदी बन जाते हैं। इसी प्रकार, पेरू में ऐन्डीज पर्वत के निवासी लगभग पाँच हजार मीटर की ऊँचाई पर पचास किलोग्राम से ऊपर बोझ आसानी से लेकर चल सकते हैं। नीचे मैदानी क्षेत्र में बसने वालों की अपेक्षा उनके हृदय अधिक शक्ति से रुधिर फेफड़ों में फेंकते हैं, वक्ष अधिक मजबूत होते हैं, उनके रुधिर में आक्सीजन अधिक प्रभावशाली ढंग से पहुंचता है।

कभी-कभी साधारण परिस्थितियों में ही आक्सीजन की अधिक मात्रा शरीर को देना आवश्यक हो जाता है : विशेषकर हृदय और फेफड़ों के रोगों में। आप जानते हैं, आक्सीजन की एक खुराक हवा की पाँच खुराकों के बराबर होती है और गम्भीर दशाओं में यह बीमार की शक्ति को व्यय होने से बचाती है।

आक्सीजन का स्रोत क्या है ?

वायुमण्डल की बनावट आज भी वैसी ही है जैसी आज से 175 वर्ष पूर्व थी, जब कैवेंडिश ने इंग्लैण्ड के विभिन्न स्थानों की वायु का अनुसंधान किया था। और जैसा आप जानते हैं, प्रति वर्ष करोड़ों व्यक्ति एवं पशु इसी आक्सीजन को श्वसन की क्रिया से प्रवक्षोपित करते हैं, करोड़ों टन कोयला, मिट्टी का तेल ही आक्सीजन को अपने जलने के दौरान इस्तेमाल करके योगिक बनाते हैं, किन्तु फिर भी यह काम नहीं पड़ती। क्या कारण है ?

क्या कारण है ?

यही प्रश्न प्रिस्टली को सन् 1772 ई. में परेशान कर रहा था। उसने सोचा कि प्रकृति में सब कुछ किसी अर्थ से होता है। यदि मनुष्य एवं अन्य जीवों के श्वसन तथा ज्वलन से वायु क्षीण होती है तो प्रकृति में ही कहीं न कहीं इस शक्ति की पूर्ति भी होती है। उसने शीसे की बन्द घण्टी (Belljar) में एक चूहा रखा और जब वह उसमें साँस लेते हुए अन्त में मर गया तब उसी घण्टी में पुदीना की डाल रख दी। और तब क्या हुआ ? कुछ देर के बाद उसमें दूसरा चूना फिर साँस ले सका। पीछे ने वायु को पुनः "शुद्ध" कर दिया था।

इस प्रकार फोटो संश्लेषण की प्राकृतिक पटना का प्राथमिक उत्पादन हुआ।

फोटो संश्लेषण का साधारण वह प्रतिक्रिया है जिसके फलस्वरूप जल और कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस प्रकाश तथा हरी पत्ती के रङ्गीन पदार्थ—क्लोरोफिल—के प्रभाव से स्टार्च एवं आक्सीजन में परिणत हो जाते हैं। स्टार्च पोषे का भोजन बन जाता है जब कि आक्सीजन अनावश्यक होने के कारण पोषे से बाहर आ जाती है। बहुत समय तक यह सोचा जाता था कि आक्सीजन कार्बन-डाइ-आक्साइड गैस से प्राप्त होती है किन्तु जब तक 'रेडियो-सक्रिय-अनुरेखक' (Radio-active Tracer) आक्सीजन ¹⁸ प्राप्त नहीं हुई वैज्ञानिक न इस स्थापना की पुष्टि कर सके न खण्डन ही कर सके। ¹⁸ की सहायता से यह सिद्ध हो सका

कि पोषों द्वारा उन्मुक्त होने वाली कुल आक्सीजन का स्रोत जल है।

कुल पृथ्वी के धरातल पर प्राप्त जलीय वनस्पति का हरित पदार्थ प्रत्येक तीन हजार वर्षों में इतनी आक्सीजन उन्मुक्त कर देता है जितनी पृथ्वी के वायु-मण्डल में है।

तीव्र ज्वलन

श्वसन मन्द-ज्वलन है। यदि उसे तेज कर दिया जाये, साधारण वायु को शुद्ध आक्सीजन से बदल दिया जाये, तो जैविक शरीर पर्याप्त तेजी से 'जल जायेगा', और सीधे समाप्त हो जायगा।

किन्तु तकनीक में, "तीव्र ज्वलन" बड़ा महत्व रखता है। प्रौद्योगिकीय (Technological) प्रक्रिया की गति तेज करने से उतने ही साधन से उतने ही समय में उत्पादित उपज की मात्रा बढ़ जाती है। उदाहरण के लिए, धातु कर्मिक कारखाने को लीजिये जिसका वार्षिक उत्पादन एक मिलियन टन है। ऐसे कारखाने की प्रतिवर्ष तीन मिलियर्ड घन मीटर से ऊपर आक्सीजन की आवश्यकता होगी। साधारणतः आक्सीजन की यह मात्रा वायु से ले ली जाती है जिसमें माय में 12 मिलियर्ड घन मीटर नाइट्रोजन ऊष्मा की एक विशाल मात्रा (धातु कर्मिक-प्रक्रिया 1000° सेन्टीग्रेड तापमान पर चलती है) घपने में संचित कर लेती है और बाद को कारखाने की विनियमों से "शायुमण्डल गर्म करने के लिए" निकाल दी जाती है।

हाल के दिनों में, वायु को नाइट्रोजन को अंशतः या पूर्णतः आक्सीजन द्वारा विस्थापित करके प्रयोग किया जाने लगा है जिससे प्रौद्योगिकीय प्रक्रिया में तेजी आ जाती है, ईंधन का व्यय बहुत कम हो जाता है, उत्पादन की सामग्री (Equipment) सरलतर हो जाती है, इस्पात में घुली हुई नाइट्रोजन की मात्रा कम हो जाती है, और उसकी उत्तमता में अत्यधिक वृद्धि आ जाती है।

आक्सीजन न केवल इस्पात और भलोह (Non ferrous) धातुओं को गलाने में सहायता देती है, वरन् अत्यन्त कठिनता से गलने वाली धातुओं भी इसकी सहायता से गलाई जा सकती है ।

रासायनिक दृष्टि से आक्सीजन अत्यन्त सक्रिय होता है । पत्थरीन के बाद वह सर्वाधिक सक्रिय तत्व है । अनेकों पदार्थ शुद्ध आक्सीजन के वायुमंडल में जलते हुए ऊष्मा की बहुत बड़ी मात्रा उन्मुक्त करते हैं । इस प्रकार हाइड्रोजन और एसीटिलीन आक्सीजन में जलते हुए 3000⁰ सेन्टीग्रेड का तापमान देते हैं । निर्माण स्थलों में प्रायः देखा जा सकता है कि किस प्रकार काम करने वाले धातु के बने हुए नलों को बर्नर की नीलिमाभय पीली ली से काटते हैं । आक्सी-एसीटिलीन बर्नर की सहायता से धातुओं को गलाया जा सकता है, इसके लिए बर्नर में आक्सीजन की सप्लाई कम कर देते हैं । इस प्रकार बनने वाली ली को झालने वाली (Welding) ली कहा जाता है । धातु के दो टुकड़ों के जोड़ के स्थान पर निर्देशित किये जाने पर यह ली उनके ऊपरी धरातलों को गला देती है । ठंडा किए जाने पर दोनों टुकड़े जुड़ कर एक पूरा टुकड़ा बन जाते हैं । धातु के टुकड़े को काटने के लिए पहले धातु को झालने वाली ली से सपाते हैं फिर तपाये हुए स्थान पर शुद्ध आक्सीजन की धारा छोड़ते हैं । आक्सीजन में धातु जल जाती है और वाष्पीभूत हो जाती है ।

आक्सीजन घट्टाने उड़ा देती है

यदि हम बहुत ही सूक्ष्म समय में कोयले को जला डालने में, उसे विस्फोटित करने में, सफल हो जाये तो हमें एक शक्तिशाली विस्फोटक पदार्थ प्राप्त हो जायेगा । क्या कोयले के जलने की गति को कई हजार गुना तीव्र कर देना सम्भव है ? सम्भव है.....किन्तु इसके लिए उसी के अनुसार आक्सीजन की मात्रा होनी चाहिये, एक किलोग्राम कोयला जलाने के लिए दो हजार लीटर आक्सीजन आवश्यक होगी ।

क्या आक्सीजन को सान्द्रित (Concentrated) नहीं किया जा सकता ? किया जा सकता है । किन्तु इसके लिए उसे द्रव में परिणत करना पड़ेगा । 800 लीटर गैस आक्सीजन से एक लीटर द्रव आक्सीजन प्राप्त होगी । रन्ध्र-युक्त जलनशील पदार्थ, कज्जल, सकड़ी का कोयला, कोयले का धूरा, पीना हुआ पीट को द्रव आक्सीजन से छर कर दोजिए तब हमें आक्सी-लिविड कहलाने वाले विस्फोटक पदार्थ प्राप्त हो जायेंगे । ये विस्फोटक पदार्थ पत्तीता की सहायता से विस्फोट किये जाते हैं । पत्तीता आक्सी-लिविड में पड़े हुए प्रस्फोटक कैपसूल (detonating capsule) को प्रज्वलित कर देता है । यदि किसी कारण से आक्सी-लिविड में विस्फोट नहीं होता तो उसे समाप्त करने के

लिये कुछ करना नहीं पड़ता है। कुछ समय में कुल भावसीजन उससे अपने प्राप उड़ कर निकल जाती है।

भावसी-लिविडहों को एक स्थान से दूसरे स्थान तक नहीं ले जा सकते हैं। उसे कार्यस्थल पर ही तैयार किया जाता है। इसके लिए केवल द्रव भावसीजन की आवश्यकता पड़ती है जब कि सूखा पीट, काई, सरकण्डा, तिनका प्रत्येक स्थान पर प्राप्त हो सकते हैं। भावसी-लिविडह की जीवनावधि पन्द्रह मिनट से लेकर एक घण्टा से कुछ ऊपर तक होती है, जो भावसी-लिविडह रखने वाली कारतूसों की साइज पर निर्भर करती है।

भावसी-लिविडहें सस्ती होती हैं। उनके द्वारा किया हुआ विस्फोट अमोनास द्वारा किये गए विस्फोट की अपेक्षा दो गुना सस्ता होता है।

ताजगी की महक

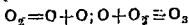
सनोवर के वन में आपने विशेष ताजगी देने वाली महक अनुभव की होगी जैसी कि बड़ी आंधी व तूफान के बाद अनुभव की जाती है। और ठीक यही महक, केवल अधिक शक्ति के साथ, डाक्टर के कमरे में जहां बवार्ट्ज का लैम्प तालपूर्ण स्वर से धनधनाता है, अनुभव होती है।

यह भोजन का सचित ढेर है, जो महकता है। यह गैस, जिसका नाम ग्रीक भाषा में महक के पर्यायवाची शब्द से बना है, भावसीजन का रूपान्तरण (modification) है। इसके अणु में भावसीजन के तीन परमाणु होते हैं। यह प्राणवीय भावसीजन से डेढ़ गुनी भारी होती है। शंकुधर वृक्षों (Coniferous trees) के शंकुओं में सदैव तारपीन तथा अन्य रालीय (resinosu) पदार्थ होते हैं, जो भावसीकृत होने पर भोजन देते हैं। तूफान के समय विद्युत के प्रभार वायु को भावसीजन को भोजन में परिणत कर देते हैं। डाक्टर के कमरे में भोजन बवार्ट्ज लैम्प को पारदीय वाष्प से निकलने वाले शक्तिशाली पारजम्बु विकिरण (Ultra-Violet radiation) के प्रभाव से बनती है।

वायुमण्डल में भोजन की मात्रा बहुत कम है। यह विशेषतः वायुमण्डल की सबसे ऊपर की परतों में होती है। रस्मीतौर से यह सोचा जाता है कि वायुमण्डल की कुल भोजन पृथ्वी के घरातल से 25-30 किलोमीटर की ऊंचाई पर तीन मिली मीटर की पर्त बनाती है। यह भोजन की अत्यन्त पतली पर्त—भोजनोस्फियर—पृथ्वी की रक्षा कठोर अल्ट्रावायलेट किरणों से, जो सूर्य से दिखाई पड़ने वाले प्रकाश के साथ आती हैं, करती है।

यदि भोजन न होती तो पृथ्वी पर जीवन थोड़े ही समय में समाप्त हो गया होता। अवश्य ही, भोजनोस्फियर की अनुपस्थिति से यंसी ही है जैसे पृथ्वी के ऊपरी घरातल का प्रबल बवार्ट्ज के लैम्पो के द्वारा निरन्तर किरणीयन।

ओजोनोस्फियर अपने अस्तित्व के लिये कठोर पारजम्बु (Ultra-Violet) किरणों का आभारी है, जो आक्सीजन के अणु को परमाणुओं में विघटित करने की क्षमता रखती है।



कम शक्तिशाली पारजम्बु किरणों ओजोन के अणु को विघ्वंस कर देती हैं; ही कारण है कि एक निश्चित ऊँचाई पर ओजोन के कान्सेन्ट्रेशन (संकेन्द्रण) संतुलन स्थापित हो जाता है। तकनीक में ओजोनेटर्स (Ozonators) में आक्सीजन को शान्त विद्युत-प्रभारों से प्रभावित करके प्राप्त किया जाता है।

ओजोन सूक्ष्म कीटाणु नाशक है; उसे क्लोरीन के साथ पानी में मिलाते हैं, इससे बस्तुओं का रंग उड़ाया जाता है (bleaching), शराब को पुरानी करने में इसका प्रयोग होता है, इससे तम्बाकू को सुन्दर सुगन्ध दी जाती है।

आक्सीकृत जल

हाइड्रोजन-पर-प्राक्साइड को एक स्वतन्त्र पदार्थ के रूप में सन् 1818 ई. में स्वीकार किया गया। फ्रांस के रासायनिक टेनार ने उसे "रास्तीकृत जल" कहा।

H_2O_2 रंगहीन एवं गन्धहीन विषविषा पदार्थ होता है, जो जल से डेढ़ गुना भारी होता है। वह अस्थायी पदार्थ है और बहुत सी धातुओं, विभिन्न फर्मेंटों (ferments) तथा रेडियो-सक्रिय विकिरणों के प्रभाव से विघटित हो जाता है। उत्प्रेरक के प्रभाव से हाइड्रोजन पर-प्राक्साइड का विघटन का प्रभी अंत तक अध्ययन नहीं हो सका है। यह अस्थायी भौगिक वर्षा के पानी में, गिरने वाले बर्फ में, अनेक पौधों के रसों में, और तम्बाकू में, तथा मनुष्य के यूरक में पाया जाता है। उसके विघटन को धीमा करने वाले पदार्थ का बहुत बड़ा भाग प्रकटतः, अभी तक अज्ञात है। इस सूची में कार्बन-डाइ-सल्फाइड, स्ट्रीकनिया (कुबला), फास्फोरिक एसिड तथा सोडियम फास्फेट आते हैं।

हाइड्रोजन-पर-प्राक्साइड विघटित होते हुए सक्रिय परमाणविक आक्सीजन उत्पन्न करती है, इसी कारण वह शक्तिशाली आक्सीकारी पदार्थ है।

द्वितीय विश्व युद्ध के समय जर्मनी ऐरोड्रोमों में प्रत्युपनिवेश की टकियो सहित ट्रेनों पहुँची। टकियो के द्रव को विभिन्न नामों से बहा जाता था। इन्गोलीन, टिमोल, कम्पोनेट 1, न्यूट्रालीन, आक्सीलीन। कुल टकियो में एक ही चीज थी, 90 प्रतिशत हाइड्रोजन-पर-प्राक्साइड। वह राकेटों में, जो जर्मनी 1944 ई० के शरद ऋतु में लन्दन में फेंक रहा था, आक्सी-डाइजर का काम करती थी।

इस समय हाइड्रोजन-पर-प्राक्साइड रासायनिकों की सेवा प्लास्टिक पदार्थ के संश्लेषण में उत्प्रेरक के रूप में करती है, भवन निर्माण करने वाले उसकी

सहायता से छिद्रल कंक्रीट रंगार करते हैं, डाक्टर उसे प्रसिद्ध निसंक्रामक माध्यम (Disinfectant) के रूप में देखते हैं :

घावसीजन के कुटुम्बी

1927 ई० में यह पता चला कि प्राकृतिक घावसीजन तीन घावसीजों से मिल कर बनी है, ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O ।

प्राकृतिक घावसीजन के तीन हजार अणुओं में एक अणु ^{17}O का तथा छः अणु ^{18}O के होते हैं । वे अपने गुणों में एक दूसरे से बड़ी समानता रखते हैं । उनके प्राणविक भार एक दूसरे से बहुत विभिन्न नहीं होते हैं । यदि हाइड्रोजन के आइसोटोपों के मध्य पर्याप्त अधिक अन्तर होने के कारण उनको द्रव गैस के आसवन द्वारा तथा जल के विद्युत्-विश्लेषण द्वारा पृथक किया जा सकता है, तो घावसीजन के आइसोटोपों को उनके मध्य बहुत कम अन्तर होने के कारण विलग करना कठिन होता है । उनको गैसों के डिप्यूजन के द्वारा विलग किया जाता है ।

घावसीजन के आइसोटोपों के गुणों से सिद्धता इस बात में प्रतिबिम्बित होती है कि विभिन्न रासायनिक यौगिकों के मध्य उनका वितरण तापमान के परिवर्तनों के साथ बदल जाता है । घावसीजन का यह गुण प्राचीन जलवायु शास्त्र (Palaeoclimatology)—दूर भूतकाल की जलवायु का विज्ञान—के अध्ययन में किया जाता है । खनिजों में ^{18}O का अनुपात खनिज के बनने के $\frac{1}{160}$

समय बाहरी माध्यम के तापमान पर निर्भर करता है । यह अनुपात मिलियनों वर्ष तक बरबर बदले हुए मुरझित बना रहता है । और यदि खनिज के बनने का समय शांत हो जाये तो उस समय का तापमान आसानी से पता लगाया जा सकता है ।

जल-ऊर्जा का भंडार

भारी जल D_2O (ड्यूटीरियम-घावसीज) की खोज साधारण रूप से 1932 ई० में हुई ।

भारी जल प्रकृति में पर्याप्त अधिक मात्रा में प्राप्त होता है । वह सामान्य जल से अधिक भारी होता है और 101.4° सेन्टीग्रेड तापमान पर उबलता है । इस गुण को उसे पृथक करने के लिये इस्तेमाल किया जाता है । प्रभाजी आसवन (fractional distillation) के द्वारा साधारण जल में भारी जल की मात्रा बढ़ा देते हैं । विद्युत्-द्वारा की क्रिया से भारी जल सामान्य जल की अपेक्षा चार-छः गुना धीमे विघटित होता है । फलतः अवशिष्ट जल में भारी जल का अनुपात बढ़ता जाता है । एक टन भारी जल प्राप्त करने के लिये आतीस

हजार टन प्राकृतिक जल विपाटित करना होगा और इतनी विद्युद्दुर्जा व्यय करनी होगी जितनी तीन हजार टन भल्यूमिनियम के उत्पादन के लिये आवश्यक होगी ।

भारी जल (heavy water) का परमाणविक ऊर्जा (atomic energetics) में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है वह न्यूट्रॉनों को बहुत अधिक प्रोफाइल के मुकाबिले में पाँच गुना अधिक धक्का धोभा करता है ।

1940 ई. में फ्रांस में जूलियस क्यूरी की संरक्षता में प्रथम प्राणविक भट्टी का निर्माण किया गया । 180 लीटर भारी-जल इकट्ठा किया गया था, जो उस समय लगभग सारे संसार का भारी जल का भंडार कोष था । किन्तु भीष्म ही युद्ध प्रारम्भ हो गया । जर्मन सेना पेरिस में घुस आई । जूलियस क्यूरी को गेस्टापो में धुलकाया गया । "भारी जल कहाँ है ?"—वैज्ञानिक से पूछा गया । और उसी समय वह स्टीमर जिसमें भारी-जल रक्ता था फ्रांस के तट से इंग्लैंड की ओर रवाना हो चुका था ।

जर्मन उसे पाने में सफल नहीं हो सके, जो यूरेनियम रीएक्टर के चालू करने के लिये इतना आवश्यक था ।

इसके प्रतिरिक्त भारी-जल ड्यूटीरियम के औद्योगिक उत्पादन का स्रोत है ।

भारी-जल न केवल परमाणविक ऊर्जा की सेवा करता है, वरन् उसने कुछ महत्वपूर्ण बायोलॉजिकल (जीव-विज्ञान सम्बन्धी) समस्याओं को हल करने में भी सहायता दी । उसकी सहायता से यह प्रतिपादित हुआ कि मानव शरीर में जल के अणुओं का पड़ाव (stay) चौदह दिन होता है, जब कि सुनहरी छली में केवल चार घंटे का होता है ।

चूँकि ड्यूटीरियम रखने वाली चर्बी थी गई । प्रगट हुआ कि पशुओं में उसकी संचित मात्रा निरन्तर बदलती रहती है, खाई जाने वाली चर्बी संचित होती जाती है और पहले से संचित चर्बी व्यय होती है ।

प्रकृति में कुछ पौधे भारी-जल के प्रति सापेक्षताही का आचरण नहीं रखते हैं । वे उसे अपने शरीर में नहीं प्रवेश करने देते । इस प्रकार स्वीडन के वैज्ञानिक ने यह खोज की कि जिस जल में जो मिगोया हुआ होता है, उसमें D_2O की मात्रा अधिक होती है । जो भारी पानी के अणुओं को नहीं सोख पाते हैं । यदि जों को कई बार एक ही पानी से मिगोया जाय तो पानी में ड्यूटीरियम की मात्रा सात से दस गुना तक बढ़ जायेगी ।

सहायता से छिद्रल कंफ्रीट र्ययार करते हैं, डाक्टर उसे प्रसिद्ध निसंक्रामक माध्यम (Disinfectant) के रूप में देखते हैं :

भावसीजन के कुटुम्बी

1927 ई० में यह पता चला कि प्राकृतिक भावसीजन तीन भाइसोटोर्वों से मिल कर बनी है, ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O ।

प्राकृतिक भावसीजन के तीन हजार अणुओं में एक अणु ^{17}O का तथा छः अणु ^{18}O के होते हैं । वे अपने गुणों में एक दूसरे से बड़ी समानता रखते हैं । उनके आणविक भार एक दूसरे से बहुत विभिन्न नहीं होते हैं । यदि हाइड्रोजन के भाइसोटोर्वों के मध्य पर्याप्त अधिक अन्तर होने के कारण उनको द्रव गैस के भासवन द्वारा तथा जल के विद्युद्विश्लेषण द्वारा पृथक किया जा सकता है, तो भावसीजन के भाइसोटोर्वों को उनके मध्य बहुत कम अन्तर होने के कारण विलग करना कठिन होता है । उनको गैसों के डिफ्यूजन के द्वारा विलग किया जाता है ।

भावसीजन के भाइसोटोर्वों के गुणों से भिन्नता इस बात में प्रतिबिम्बित होती है कि विभिन्न रासायनिक योगिकों के मध्य उनका वितरण तापमान के परिवर्तनों के साथ बदल जाता है । भावसीजन का यह गुण प्राचीन जलवायु शास्त्र (Palaeclimatology)—दूर भूतकाल की जलवायु का विज्ञान—के अध्ययन में किया जाता है । खनिजों में ^{18}O का अनुपात खनिज के बनने के $\frac{18}{16}$

समय बाहरी माध्यम के तापमान पर निर्भर करता है । यह अनुपात मिलियनों वर्षों तक बर्बर बदले हुए सुरक्षित बना रहता है । और यदि खनिज के बनने का समय ज्ञात हो जाये तो उस समय का तापमान आसानी से पता लगाया जा सकता है ।

जल-ऊर्जा का भंडार

भारी जल— D_2O (ड्यूटीरियम-भावसाइड) की खोज साधारण रूप से 1932 ई० में हुई ।

भारी जल प्रकृति में पर्याप्त अधिक मात्रा में प्राप्त होता है । वह सामान्य जल से अधिक भारी होता है और 101.4° सेन्टीग्रेड तापमान पर उबलता है । इस गुण को उसे पृथक करने के लिये इस्तेमाल किया जाता है । प्रभाजी भासवन (fractional distillation) के द्वारा साधारण जल में भारी जल की मात्रा बढ़ा देते हैं । विद्युदघार की क्रिया से भारी जल सामान्य जल की अपेक्षा चार-छः गुना धीमे विघटित होता है । फलतः अविघटित जल में भारी जल का अनुपात बढ़ता जाता है । एक टन भारी जल प्राप्त करने के लिये चालीस

हजार टन प्राकृतिक जल विघटित करना होगा और इतनी विद्युद्दुर्जा व्यय करनी होगी जितनी तीन हजार टन अल्यूमिनियम के उत्पादन के लिये आवश्यक होगी ।

भारी जल (heavy water) का परमाणविक ऊर्जा (atomic energetics) में व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है वह ड्यूट्रोनो को बहुत अधिक प्रोफाइल के मुकाबिले में पाँच गुना अधिक अच्छा घीमा करता है ।

1940 ई. में फ्रांस में जूलियस वयूरी की संरक्षता में प्रथम प्राणविक भट्टी का निर्माण किया गया । 180 लीटर भारी-जल इकट्ठा किया गया था, जो उस समय लगभग सारे संसार का भारी जल का संचित कोष था । किन्तु शीघ्र ही युद्ध प्रारम्भ हो गया । जर्मन-सेना वेरिस में घुस आई । जूलियस वयूरी को गेस्टापो में धुलवाया गया । "भारी जल कहाँ है ?"—वैज्ञानिक से पूछा गया । और उसी समय वह स्ट्रीमर जिसमें भारी-जल रखा था फ्रांस के तट से इंग्लैंड की ओर रवाना हो चुका था ।

जर्मन उसे पाने में सफल नहीं हो सके, जो यूरेनियम रिएक्टर के चालू करने के लिये इतना आवश्यक था ।

इसके प्रतिरिक्त भारी-जल ड्यूटीरियम के औद्योगिक उत्पादन का स्रोत है ।

भारी-जल न केवल परमाणविक ऊर्जा की सेवा करता है, वरन् उसने कुछ महत्वपूर्ण बायोलोजिकल (जीव-विज्ञान सम्बन्धी) समस्याओं को हल करने में भी सहायता दी । उसकी सहायता से यह प्रतिपादित हुआ कि मानव शरीर में जल के अणुओं का पड़ाव (stay) चौदह दिन होता है, जब कि मुनहरी मछली में केवल चार घंटे का होता है ।

पूँछों को ड्यूटीरियम रखने वाली चर्बी दी गई । प्रगत हुआ कि पशुओं में इसकी संचित मात्रा निरन्तर बदलती रहती है, खाई जाने वाली चर्बी संचित होती जाती है और पहले से संचित चर्बी ग्न्य होती है ।

प्रकृति में कुछ पौधे भारी-जल के प्रति सापेक्षता का आचरण नहीं रखते हैं । वे उसे अपने शरीर में नहीं प्रवेश करने देते । इस प्रकार स्वीडेन के वैज्ञानिक ने यह खोज की कि जिस जल में जो मिश्रण हुआ होता है, उसमें D_2O की मात्रा अधिक होती है । जो भारी पानी के अणुओं को नहीं सोख पाते हैं । यदि जो कोई बार एक ही पानी से मिश्रण जाय तो पानी में ड्यूटीरियम की मात्रा सात से दस गुना तक बढ़ जायेगी ।

भारी-जल के साम्द्रक पीछों का क्या कोई व्यावहारिक महत्व है ? है, और अवश्य है । आप जानते हैं कि पृथ्वी पर जल बहुत बड़ी मात्रा में है । उसमें चालीस बिलियर्ड टन ड्यूटेरियम है । यदि इच्छानुसार चलने वाली थर्मो-न्यूक्लियर प्रतिक्रिया (Guided thermo nuclear reactor) का उपयोग करते हुए कुल ऊर्जा खींची जाये तो उसे कुल ज्ञात प्राकृतिक मिट्टी के तेल, कोयला, पीट के भण्डारों से प्राप्त होने वाली ऊर्जा से कहीं अधिक बड़ी मात्रा में प्राप्त किया जा सकता है ।

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

पूर्व के सहस्रों वर्ष पुरानी सभ्यता वाले देशों ने संसार की संस्कृति को गन्धक के बारे में प्रथम लिखित सूचनाएँ दी हैं :

.....प्राचीन चीन । चीन की हस्तलिखित पुस्तकों के पृष्ठों ने सबसे पहले बारूद बनाने की घोषणा संसार में की—कि बारूद की रचना में गन्धक होता था ।

.....प्राचीन मिश्र । आज तक बचे हुए पिरामिड हूँ रंगों तथा सौन्दर्य देने वाली वस्तुओं में गन्धक के ईसा से नौ हजार वर्ष पूर्व प्रयोग किये जाने की सूचना देते हैं ।

.....प्राचीन भारत । क्या वहाँ गन्धक की प्रथम सूचनाओं के स्रोतों को खोजना आवश्यक नहीं है ? आप जानते हैं कि भारत की प्राचीन भाषा से ही इस खनिज का नाम प्राप्त होना अकारण नहीं हो सकता है । शब्द 'सेरा' (रूसी भाषा में गन्धक का नाम) अथवा "सीरा" के अर्थ संस्कृत भाषा में होते हैं "पीला" ।

.....प्राचीन रोम । सर्वाधिक घनी गंधकीय उद्गमों की मातृभूमि यही रोम था । वृद्ध प्लोनियस ने उनका विस्तृत वर्णन किया है ।

.....प्राचीन रूस । उत्तर तथा उत्तर पूर्व असंख्य रूसी नदियाँ जिनके तट पाइराइटोज-गन्धक की प्रकृति में मिलने वाली खनिज-से भरे हैं । यहाँ पुराने आदिम ढंगों से गन्धक निकाला जाता है.....

ढकोसलों और रहस्यों में ढकी हुई मध्य शताब्दियों का समय कीमियागरों की प्रभुता का युग था । प्रकृति के साधारण से साधारण पदार्थों के बारे में भी विचार बहुत उलझे हुए थे और यह माना जाता था कि विभिन्न पदार्थ एक दूसरे में बदले जा सकते हैं । इस समय गन्धक ने कीमियागरों के कामों में असाधारण महत्व की भूमिका घटा की । कीमियागर नेवेर के विचार के अनुसार गन्धक प्रकृति के "आधारभूत प्रारम्भो"—ज्वलनशीलता तथा परिवर्तनशीलता में से एक का प्रतिरूप था । नेवेर की यह धारणा है कि धातुएँ गन्धक और पारा की विभिन्न अनुपातों में मिलावटों से बनी हैं, कीमियागरों के धातु सम्बन्धी विज्ञान की आधारशिला बन गई । कीमियागर विभिन्न धातुओं को सोने में बदल देने की आशा रखते थे, इसके लिये, कीमियागरों की राय में, केवल उनसे गन्धक निकाल लेने की आवश्यकता थी ।

गन्धक पृथ्वी पर और कास्मास में

पृथ्वी के भीतर मिलने वाला शुद्ध गन्धक, अन्य धातुओं से बने गन्धक के असंख्य यौगिक, अम्ल में, फिटकरी के परस्पर ऐल्यूनाइट (Alunite) की तहें, जो शान्त ज्वालामुखियों की ढालों में मिलती हैं—इस दिलचस्प तत्व के विलक्षण

भू-रासायनिक इतिहास के जुदा-जुदा पृष्ठ हैं। इस इतिहास का अध्ययन हमें गन्धक सम्बन्धी भूगर्भ विज्ञान, उसके प्रसारण (फैलाव) की मात्रा, भौर प्रकृति के परिवर्तनों की कुल जटिल प्रक्रियाओं को पेश करने की सम्भावना देता है।

पृथ्वी के पपड़े में 0.04 प्रतिशत गन्धक है। वस्तुतः इस मात्रा को किस प्रकार सोचा जा सकता है? आधो प्रश्न को सही तरीके से हल करने का प्रयत्न करें। कितनी सल्फूरिक एसिड पृथ्वी पर प्राप्त होने वाले गन्धक से प्राप्त की जा सकती है? गणना से विशाल अंक प्राप्त होता है। 3. 16. (10)¹⁶ टन 2. 10⁷ घन किलोमीटर सल्फूरिक अम्ल। गन्धकीय अम्ल की इस मात्रा से बैकाल झील के बराबर लगभग एक हजार जलाशय भरे जा सकते हैं।

किन्तु गन्धक ने केवल पृथ्वी के पपड़े के निर्माण में ही योगदान नहीं किया है, वह उल्काओं में भी पाया जाता है। और यह दाय है कि अनुमान करने की अनुमति देता है कि गन्धक पृथ्वी के केन्द्रीय सूँटे की रचना में भी शामिल है। बहुत से वैज्ञानिक यह सोचते हैं कि हमारे ग्रह के हीमन का उल्काओं से टकराव ही से तत्व होते हैं। पृथ्वी के भीतर गहराई में गन्धक की संख्या है। इसका प्रमाण न केवल ज्वालामुखी के उद्गारों के जल्य गन्धक रत्न के साथ ही का निकलता है, बल्कि वे बहु संख्यक गन्धकीय अम्लों की साथ भी हैं, जो हमारे संसार में प्राप्त होती हैं। वे बहुत दूर दूरों में पृथ्वी के अन्दर से निकलने से बहुत कर आये हुए गन्धकीय धातुओं के साथ हैं जो उल्काओं से आये हैं।

गन्धक की क्रियाशीलता का क्षेत्र पृथ्वी की सतहों की लवणरूपी तैलर हुआ कासमास में भी पहुंच जाता है।

गहरे दूर अतीत में विचरण

किसी अकल्पनीय दूर अतीत में वायुमंडल के ऊँचे तापमान तथा उसमें आक्सीजन तथा जल के अभाव ने सल्फाइडों के बनने के लिए गंधक तथा धातुओं के सीधे संयोजन का पूर्वाधार बनाया। द्रव, जल, तथा स्वतन्त्र आक्सीजन के प्रयत्न होते ही सल्फाइडें आक्सीकृत होने लगी। सल्फेटों की 'उत्पत्ति' का युग आ गया।

शुद्ध गंधक का बनना दो मार्गों से प्रकृति में होता रहा है। एक मार्ग या ज्वालामुखी उद्गारों के समय निकलने वाली हाइड्रोजन-सल्फाइड तथा सल्फर डाइ-आक्साइड गैसों की पारस्परिक प्रतिक्रिया का। दोनों गैसें संयोजित होते हुए पानी और गंधक देती थीं किन्तु दूसरा मार्ग भी गंधक बनने का था, जिसके फल-स्वरूप गंधक के विशाल उद्गम पृथ्वी के नीचे बने। यदि गंधक की भूगोल का निरीक्षण किया जाये तो आप देख सकते हैं कि एक समान गंधकीय उद्गम दक्षिणी क्षेत्रों में मिलते हैं। मध्य एशिया, क्रीमिया और कोहकाफ, सोवियत संघ, सिसली, जापान, जहाँ गंधक के टापू में निकाली जाती है, तथा, संयुक्त राज्य अमरीका के दक्षिण में। इस प्रकार गंधक के दक्षिणी क्षेत्रों की ओर अन्वर्धकपित होने का क्या कारण है? सभी सम्भावनाओं से यह संयोग मात्र नहीं है।

अर्कडेमिणियन फेर्समान का विचार है कि प्रकृति में शुद्ध गंधक के निर्माण के लिए जलधायु की विशेष परिस्थितियों का होना आवश्यक है—शुष्क और महस्यलीय। इसके अतिरिक्त कार्बो-हाइड्राइडों का, जो सल्फेटों को शुद्ध गंधक में अचकृत करते हैं, पर्याप्त मात्रा में होना आवश्यक है।

गंधक का तत्वीय रूप

प्राचीन वैज्ञानिकों ने व्ययं में ही गंधक के साथ विभिन्न चमत्कारपूर्ण गुणों को नहीं जोड़ा है, वह दिलचस्प रसायनिक और भौतिक विशेषतायें प्रगट करता है।

बहुत कम तत्वों की रसायन इतनी "घनी" है जितनी कि गंधक की रसायन। गंधक आदर्श अधातु है और आवर्त सारणी में उसकी स्थिति ऐसी है कि गंधक की घनात्मक एवं ऋणात्मक संयोजकतायें समान सफलता से काम करती हैं।

गंधक अपनी परमाणविक रचना के बाह्य-कक्ष में दो एलेक्ट्रॉन सरलता से ले लेता है। वह इस प्रकार दो ऋणात्मक संयोजकतायें रखने वाला तत्व बनता है, और इसी रूप में यह हाइड्रोजन-सल्फाइड के घणु H_2S में प्रविष्ट है। गंधक की मुख्य घनात्मक संयोजकतायें 4+ तथा 6+ है। उदाहरण के लिए, सल्फर-डाइ-आक्साइड या सल्फूरस-अक्साइड SO_2 में गंधक घनात्मक चार संयोजकतायें प्रकट करता है और सल्फर-ट्राइ-आक्साइड या सल्फूरिक अक्साइड

डीन अपने ऊपर उसके 'आक्रमण' को महत्वहीन कर देते हैं। पृथ्वी के पपड़े में बहुत सी घातुयें सलफेटों या सलफाइडों के रूप में तहाँ में स्थित हैं। साथ ही स्मरण कीजिये, मीराबिलाइट जिप्सम, या बहु-संलयक और विविधतापूर्ण पाइराइटोज को। प्राप में से प्रत्येक पाठशाखा के इस साधारणतम प्रयोग से अवश्य परिचित होंगे। लौहे की रेतन (filings) को गन्धक के चूर्ण के साथ चीनी मिट्टी के खरल में पीसने और हल्का गर्म करने में तूफानी प्रतिक्रिया धारम्भ हो जाती है।

अनुभवो रसायन-शास्त्री भी गन्धक के योगिकों की विविधताओं एवं विशेषताओं की जाँच करने में सदैव तुरन्त सफल नहीं हो पाते हैं।

परन्तु इस तत्त्व से अनेक अद्भुत तथ्य सम्बन्धित हैं, जिनको उसके भौतिक गुणों के साथ सम्बन्धित करना उचित होगा।

गन्धक के एक डेले को गलाइये। सबसे पहले हम उसके घायतन में काफी वृद्धि निरीक्षण करेंगे। यह बढ़ाव लगभग पन्द्रह प्रतिशत होगा। और अधिक गर्म करने पर हमें पीला आसानी से ढलकने वाला द्रव प्राप्त होगा। लगभग 200°C के पास वह फिर एक बारगी काला पड़ जाता है और बहुत ससदार पदार्थ बन जाता है। 200°C के ऊपर के तापमान ले जाने पर फिर प्रापको आसानी से ढलकने वाला पदार्थ प्राप्त होगा।

गुणों के इस प्रकार के परिवर्तनों का कैसे स्पष्टीकरण किया जा सकता है? साधारण दशाओं में गन्धक का अणु विलक्षण कुण्डली के रूप में होता है, जिसमें तत्त्व के आठ परमाणु जुड़े होते हैं। गर्म करने में खल्ला घीमे घीमे टूट जाता है, और खुली हुई आठ परमाणुओं वाली जंजीर बना लेता है। इसी के कारण उसमें लसीलापन बढ़ जाता है। अधिक ऊँचा तापमान होने पर जंजीर की कड़ियाँ भी टूटने लगती हैं और पुनः लसीलापन कम होने लगता है। गन्धक की वाष्पों में विभिन्न अणुओं— S_8 , S_6 , S_2 —का पूरा सेट मौजूद रहता है। गन्धक के परमाणुओं को पृथक्कृत प्राप्त करना अत्यन्त कठिन कार्य है। इसके लिए बहुत ऊँचे तापमान की आवश्यकता होगी, जो देढ़ हजार डिग्री सेन्टीग्रेड से भी ऊपर होगा।

गन्धक के कुछ अपरूप (allotropic modifications) गन्धक होता है। सर्वाधिक स्थायी अपरूप समचतुर्भुज (Rhombic) गन्धक होता है। सामान्य, दबाव पर वह 95°C तक अपने को सुरक्षित रखता है जब तापमान इससे ऊपर जाता है तो गन्धक के परमाणु मणिम के जालक में अपनी स्थिति बदल देते हैं, पुनर्गठन उपस्थित होता है और एकलत (monoclinic) गन्धक बन जाता है। समचतुर्भुज गन्धक गहरे पीले रंग का होता है। उसके मणिम-पारदर्शी अष्ट फलकीय होते हैं।

दूसरी किस्म कालिमा लिये हुए पीले रंग के एक नत गंधक (Monoclinic Sulphur) की है। इसके मणिम प्रिज्म की आकृति के लम्बे सुई के समान होते हैं। यह निरीक्षण करना दिलचस्प होता है। किस प्रकार तापमान घीमें घीमे करने से एकनत गंधक प्राधिक्यक साफ होता जाता है और उसके लम्बे प्रिज्म रोम्बिक (समचतुर्भुज) प्रणाली के बहुत से मणिमों में टूट जाते हैं। समस्त प्राप्त गंधक के अपररूपों में एक सामान्य प्रवृत्ति पाई जाती है। वे सर्वाधिक स्थायी मणिमय बनावट की ओर—समचतुर्भुज गंधक की ओर—परिवर्तित होते रहते हैं और प्रकृति में भी इसी समचतुर्भुज गंधक के रूप में प्राप्त होते हैं।

गंधक प्राप्त करने की विधि

गंधक वायु में सरलता से गल जाता है और जलता है। सिसली में ग्रन्य ईंधन की अनुपस्थिति में गंधक का उपयोग ईंधन के रूप में इसीलिये किया जाता था। गंधक के खनिज से प्राप्त करने की विधि भी ठीक इसी उसके सरलता के गलने के गुण पर आधारित है।

प्राचीन काल में गंधक को प्रादिम तरीकों द्वारा गलाते थे। गंधकीय प्रस्तर के टुकड़ों की मिट्टी के बड़े बर्तन में, जिसमें नीचे छेद होते थे भर देते थे, यह बर्तन एक दूसरे बर्तन के ऊपर रखा जाता था, जो पृथ्वी में गड़ा होता था। फिर इस साधारण उपकरण को गर्म करते थे। गंधक पिघल कर बर्तन के पेंदे के छेदों से निकल कर नीचे मिट्टी में बड़े बर्तन में इकट्ठा होता था।

शताब्दियाँ बीती और गंधक के गलाने की रीतियों में सुधार हुए। गंधकीय उद्गमों के प्रभेदों तथा सामान्यतः उसमें उपस्थित मिलावटों पर निर्भर करते हुए मनुष्य ने गंधक प्राप्त करने की अत्यन्त विविधता पूर्ण विधियाँ निकालीं।

इटली ने संसार को साधारणतः थोड़ी गहराई पर मिलने वाले प्राकृतिक गंधक को गलाने का अनुभव प्रदान किया, किन्तु जो सिसली के पथरीले, सूर्य से तपाये हुए पठारों के लिए सम्भव था वह ग्रन्य स्थानों के लिये उपयुक्त न सिद्ध हुआ।

सिसली के उद्गमों से भिन्नता रखते हुए अमरीका के गंधकीय उद्गम पृथ्वी के नीचे अत्यन्त गहराई में हैं। मिट्टी के अत्यन्त मुरमुरे (loose) होने के कारण खदानें खोद कर उसे निकालना असम्भव था।

अमरीका के इंजीनियर फ्राश ने एक विशेष हल प्रस्तुत किया। पृथ्वी के अन्दर एक नल (पाइप) में दूसरा नल डाल (Insert) करके जुड़े हुए नलों की प्रणाली द्वारा पहले से प्रतिरिक्त गर्म (Super heated) जलीय वाष्पों को भीतर

पहुँचाया गया। इन वाष्पों ने भीतर गंधक को अपनी गर्मी से गला दिया और अपने दबाव से उसे ऊपर की ओर ढकेल दिया। इस प्रकार पिछली शताब्दी में प्लोरिडा के छोटे से प्रायः द्वीप में गले हुए शुद्ध गंधक का चर्मो स्थापित किया गया।

अमरीका के उद्गमों से भिन्नता रखते हुए कराकोरम का गंधक कार्टेज की रेत की पर्याप्त मिलावट लिए हुए होता है। इस कारण गंधक निकालने की कुल ज्ञात विधियाँ इस अवसर पर व्यर्थ सिद्ध हुई हैं। सोवियत इन्जीनियर बाल्कोव ने इसका हल निकाला। उसने एक साधारण उपकरण तैयार किया जो कुछ कुछ साधारण समोवर के समान था। इस बर्तन को पीसे हुए खनिज से भर दिया गया और उसमें पानी डाल कर खूब मिला दिया गया। फिर उसे उबाला गया। गला हुआ गंधक नीचे एकत्रित होने लगा और समोवर से समान शुद्ध धार में बाहर निकलने लगा। कारखानों की परिस्थितियों के अनुकूल बनाने के लिए इस विधि को और सुधारा गया। समोवर के स्थान पर पूर्ण रूप से समुद्रित (hermitically sealed) भाप-सह ब्वायलर (Boiler) का प्रयोग कारखानों में किया गया।

इन विधियों से लगभग शत प्रतिशत शुद्ध गंधक नगण्य राख की मिलावट तथा सखिया और सेलीनियम की अत्यन्त सूक्ष्म लेश मात्र मिलावटों के साथ मिलता है। किन्तु पहले जो उपज प्राप्त होती है (प्राथमिक उपज) वह लगभग शुद्ध होती है और उसे और शुद्ध करना आवश्यक होता है। इनके लिए डिस्टिलेशन की विधि काम में लाई जाती है। विशेष प्रकार के कमरों में गंधक को गलाया जाता है। कठोर टुकड़े कमरों के नीचे घरातल पर बँठ जाते हैं, और द्रव गंधक कच्चे लोहे के विशेष रिटार्टों में चला जाता है, जिन में उसे उबलने तक गर्म करते हैं। इस पर निर्भर करते हुए कि गंधक का कन्डेन्सेशन वाष्पों से किम प्रकार से हुआ या तो गंधक के फूल कहलाने वाला गंधक प्राप्त होता है या ग्रैफ़ गंधक प्राप्त होता है। इस प्रकार शुद्ध किया हुआ गंधक मानव-जीवन में व्यापक रूप से प्रयोग किया जाता है।

आग्नेय प्रस्तर

आदिम मानव ने अग्नि बड़ी कठनाई से प्राप्त की थी। इतिहास की पाठ्य-पुस्तकों के चित्रों में हम खाल से शरीर ढकने वाले मानव की कल्पना करते हैं, जो पिलण्ट (चकमक प्रस्तर) से एक पत्थर को टकरोकर चिनगारी निकालता है।

इस पत्थर से प्राचीन यूनान निवासी भी भली भाँति परिचित थे। चमकदार पीले रंग, और ही सकता है, पिलण्ट से टकराने पर चिनगारियों की रेखा निकालने की उसकी क्षमता के कारण वे उसे पाइराइट कहते थे, जिसके अर्थ हैं अग्नि।

मैव वाक्स (दियासलाई की डिब्बी) ने मानव को अग्नि प्राप्त करने के विचार की आवश्यकता से मुक्ति दे दी है किन्तु प्राचीनतम अग्नि देने वाला पाइराइट आज भी जीवित है। अमरीका के ध्रुवीय प्रदेशों के इस्किमो जाति के निवासियों में इस समय भी आग्नेय प्रस्तर का उपयोग जारी है।

पाइराइट की मानव-जीवन के विकास में भूमिका का मूल्य जितना भी लगाइये कम है। प्राचीन-प्रतीत में उसने मनुष्य को अग्नि प्राप्त करने में सहायता दी। उसी की सहायता से वे सभ्यता के विकास की ऊँची सीढ़ियों पर चढ़े, किन्तु आधुनिक अर्थ व्यवस्था की कल्पना करना भी इस खनिज के बर्गर कठिन है। गंधकीय माक्षिक (पाराइटीज को यह भी कहा जाता है) सल्फूरिक एसिड के उत्पादन का आधार है।

पाइराइट का रासायनिक फार्मूला $Fe S_2$ है। यह लोहे की पाली-सल्फाइड (बहु सल्फाइड) कहलाती है। पृथ्वी के पपड़े में इसकी तर्ह अत्यन्त अधिकता में प्राप्त होती है।

गंधकीय माक्षिक के अणु से एक परमाणु गंधक को निकाल लीजिए। पाइराइटीज के चमकदार 'आग्नेय' मणिभ फेरस-सल्फाइड (FeS) के काले, भगुर मणिभों में बदल जायेंगे।

लोहस सल्फाइड (FeS) खनिज के रूप में वस्तुतः पृथ्वी पर नहीं प्राप्त होता है। यह कासमास से आने वाला हमारा अतिथि है। लोहे की सल्फाइड मुख्यतः उल्काघ्रों (Meteors) में होती हैं। लोहंस अथवा फेरस-सल्फाइड बहुत समय तक धातुकर्मियों के लिए एक पहली बनी रही, इसकी तुच्छ मिलावट भी इस्पात को भगुर और आगे के परिशोधनों के लिये अनुपयुक्त बना देती है।

अठारहवीं शताब्दी के रूस तथा स्वीडेन के ख्याति-प्राप्त लोह का रहस्य ठीक इसी में था कि वह लोहे की अगंधकीय खनिजों से तैयार किया जाता था।

दूसरी महत्वपूर्ण सल्फाइड अत्यन्त प्राचीन समय से ज्ञात सिंगरफ (Cinnabar) मरक्यूरस-सल्फाइड है। इसके चमकदार लाल रंग के कारण भारतीय इसे दैतिय रक्त (Dragon's blood) कहते थे। प्राचीन रूस में सिनाबार (सिंगरफ) सर्वाधिक प्रचलित खनिजीय रंगों में एक था। किताबें लिखने वाले इस रंग से उनके शीर्षक लिखा करते थे।

गंधक और पारा परस्पर आसानी से संयोजित हो जाते हैं। इस प्रकार की दोनों के मध्य मिलन प्रवणता (affinity) बहुत समय पूर्व मनुष्य को ज्ञात हो गई थी। इसकी उल्टी, सिंगरफ से पारा प्राप्त करने की क्रिया का ज्ञान भी मनुष्य को बहुत समय पहले दो गया था। ऐतिहासिक स्रोतों के आधार पर यह सोचा जा सकता है कि डिमोक्रैटीज को यह प्रतिश्रिया ज्ञात थी। प्रत्येक अवसर

पर, आज दिन तक प्राकृतिक सिगरफ को पारा प्राप्त करने के कच्चे मान के रूप में इस्तेमाल किया जाता है।

सिगरफ (हिगुल) का सबसे निकटवर्ती सजाति जिंक-सलफाइड है। जर्मनी में खान में काम करने वाले इसे 'जिंक ब्लेंड,' कहते हैं। क्योंकि यह पारदर्शी होता है और साधारण गंधकीय खनिजों के समान बिल्कुल नहीं होता है।

जिंक-सलफाइड में अत्यन्त दिलचस्प गुण होते हैं। यदि उसे विशेष प्रकार से परिशोधित किया जाता है, तो उसमें अंधेरे में चमकने का गुण प्राप्त जाता है। इसे फास फोरोसेन्स कहा जाता है। जिंक-सलफाइड एकसरे तथा रेडियो सक्रिय किरणों के प्रभाव से सीधे चमकने लगता है। जिंक-सलफाइड की इस विशेषता का उपयोग व्यापक रूप से एकसरे तकनीक तथा रेडियो सक्रिय तत्वों के बीच काम करने के समय किया जाता है।

उदाहरण के लिये एक छोटी प्लेट की सहायता से त्रिम में जिंक-सलफाइड की पतली पर्त चढ़ी होती थी, रेडियो सक्रिय परमाणुओं के अल्फा (α) क्षरण (Disintegration) को सबसे पहले प्राणों से देखने में सफलता मिली। हीलियम के बीज केन्द्र (अल्फा कण) प्लेट से टकराते हुए टिमटिमाहट (तितिलेगन Scintillation) उत्पन्न करते हैं। इसी सिद्धान्त पर रेडियो सक्रियता के अध्ययन का विशेष उपकरण-स्विन्गरिस्कोप—प्राधारित है।

जिंक ब्लेंड, गैलिना (PbS) तथा तावा पाइराइट Cu_2S क्रमशः जिंक (जस्ता), लेड (सीसा) तथा तावा धातुओं के प्राप्त करने के लिए मुख्य कच्चा माल है।

प्रयोगशालाओं में विरल-भूमि-तत्वों के सलफाइडों के बड़े दिलचस्प उपयोग होते हैं। इन सलफाइडों को गलाना विशेष रूप से कठिन होता है। कुल जात सलफाइडों में वे सर्वाधिक प्रगल्भीय पदार्थ होते हैं। उदाहरण के लिए, सीरियम सलफाइड की घड़ियों (Crucibles) में अल्पभूमि नियम भास्पाइड के समान हड़, हठी पदार्थ भी गलाये जा सकते हैं।

उद्योग में काम में लाये जाने वाले सबसे महत्वपूर्ण पदार्थों में एक प्रकृति में न मिलने वाला सोडियम सलफाइड Na_2S है। गंधकीय रंगों में उत्पादन की प्रक्रियाओं में उसका उपयोग किया जाता है। चमड़े के व्यवसाय में उसका उपयोग किया जाता है।

सोडियम-सलफाइड कृत्रिम रूप से प्राप्त किये जाने वाले कुल सलफाइडों में सबसे अधिक औद्योगिक महत्व रखता है।

गंधक निर्माता, शिल्पी, चिकित्सक...के रूप में पृथ्वी के पपड़े में गंधक की उपस्थिति की तीसरी शक्ति सलफेट है।

वे सब विभिन्न रासायनिक एवं भौतिक गुणों वाले होते हैं। और केवल एक सामान्य चिन्ह लेड सल्फेट $PbSO_4$ तथा बेरियम-सल्फेट $BaSO_4$ को छोड़कर लगभग कुल अन्य सल्फेटों का पानी में भलीभांति घुलनशील होना— हमे अतीत में उनके भाग्य की एकता के बारे में कहने की सम्भावना प्रस्तुत करता है।

दूर भौगोलिक युगों में स्वतन्त्र प्राक्सीजन प्रगट होने के साथ ही सल्फाइडों का धीमे-धीमे प्राक्सीकरण और उनका सल्फेटों में परिवर्तन भी प्रारम्भ हो गया है। द्रव जल के प्रगट होने पर सल्फेट उसमें घुले और नदियों द्वारा विशाल महासागरों में पहुँचे और केवल तब सागरों और महासागरों के सूखने की क्रिया के दौरान सल्फेटों का एक भाग जिप्सम के रूप में और दूसरा भाग ग्लौबेर साल्फ Na_2SO_4 के रूप में मणिभीकृत होने लगा, और तीसरा अंश घुले हुए रूप में सागरीय जल में बना रहा। इस अंश के लक्षण को मैग्नीशियम-सल्फेट कहा जाता है।

सम्भवतः, कैल्शियम सल्फेट $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, या जैसा कि उसे साधारणतः कहा जाता है, जिप्सम का भाग्य सर्वाधिक बहुमुखी हो। कैल्शियम सल्फेट के पानी के घोल से अवक्षेपित होने के समय की विभिन्न परिस्थितियों तथा उससे उपस्थित विभिन्न मिलावटों पर निर्भर करते हुए जिप्सम के विभिन्न रूप बने। यह खनिज साधारणतः हमें विचित्र मणिभीकृत प्राकृति में मिलता है, जो कभी रोजेट (Rosette) —पत्तियों का गुच्छा—के रूप में और कभी गोरैया की पूँछ के रूप में होता है। यह बहुत ही विविधता पूर्ण रंगों के श्रेणियों—पारदर्शी—श्वेत से भूरा, पीला और हल्का गुलाबी तक—देता है।

प्रकृति ने जिप्सम को बड़ी उदारता से विभिन्न गुण प्रदान किये हैं, जो बहुत समय से मनुष्य की सेवा करते चले आये हैं।

भवन निर्माण में जिप्सम का व्यापक रूप से उपयोग किया जाता है। भवन निर्माण कला सम्बन्धी अनेक वस्तुओं के बनाने में यह काम आता है और जुड़ाई करने वाले बहुत से पदार्थ (Plastering Materials) जिप्सम से तैयार किये जाते हैं।

कैल्शियम-सल्फेट का प्रयोग चिकित्सा (Surgery) में भी होता है। हड्डियों के सर्वाधिक जटिल फ्रैक्चरों (टूटावों) के समय जिप्सम के प्लास्टर की सहायता से हड्डी को उसकी ठीक स्थिति में कायम किया जाता है। इसके लिए जलाये हुए जिप्सम का प्रयोग करते हैं, जिसके मणिभीकरण जल (Water of crystallisation) का एक अंश निकल चुका होता है। यदि इस प्रकार के जिप्सम को पुनः पानी से मिलाया जाये, तो वह तेजी से ठोस

पड़ जाता है और फिर $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ में परिणत हो जाता है। जिप्सम के इस गुण पर ही उसका शीघ्र-शास्त्र तथा भवन निर्माण कला में उपयोग आधारित है।

जिप्सम के प्रभेदों में से कुछ, जैसे ग्लाबास्टर (alabaster) तथा ऐन्हाइड्राइड, ने कला के क्षेत्र में व्यापक ख्याति प्राप्त कर ली है।

मृदु शैलों में हल्का पीला ग्लाबास्टर (सिलखड़ी) शिल्प कला के लिए सुन्दर पदार्थ मिष्ट हुआ। यह कोमल पारदर्शी खनिज घनभूवी पत्थर तराशों के हाथ में बढ़ा विनम्र बन जाता है। पन्द्रहवीं शताब्दी में ही ताशकन्द के कुशल कारीगर ग्लाबास्टर से सुन्दर फूलदान तथा सैंप, प्रकाश किरणों को अपने से निकालने की उमकी क्षमता का उपयोग करते हुए, बनाते थे।

और यदि अपनीनाइन पर्वत श्रेणियों ने इटली के कलाकारों को सुन्दर कलात्मक रचनाओं के लिए प्रचुर सामग्री प्रदान की है, तो यूराल के पर्वतों से भी हमारे सोवियत देश को ग्लाबास्टर के विविध सर्वाधिक मनोहर प्रभेदों में से एक—मृदु-गुलाबी सेलेनाइट (Selenite) उपहार में दिया। बाजोव की कहानियों के धीरे इसी से अपनी सुन्दर वस्तुओं तैयार करते थे।

मूर्तिकला के पदार्थ के रूप में ऐन्हाइड्राइड का भी उपयोग किया जाता है, जो जिप्सम का एक विशेष प्रभेद है। ऐन्हाइड्राइड नीला—भूरा, चन्द्रमा के रंग (रंग) का होता है। वह अत्यन्त कठोर जिप्सम है, और प्राचीन रोम के निवासियों इसका प्रयोग स्तम्भों के बनाने में भी करते थे।

प्रकृति ने गन्धक के उद्गम सभ देशों को प्रचुर मात्रा में प्रदान किये हैं। सोवियतसभ में ये उद्गम सर्वत्र हैं। जिप्सम न मिलने वाले स्थानों की गिनतना घासान है, क्योंकि वे बहुत कम हैं।

सोवियत संघ के दक्षिण में, कास्पियन सागर में कारा-बोगाज़गोल की खाड़ी है, जिसका तुर्कमानी भाषा में अर्थ है "काला-मुख" इस खाड़ी में सबलों का सन्दूख बहुत अधिक है, इतना अधिक कि मनुष्य उसमें डूब नहीं सकता। इस प्रकार के "नमकीन पानी" में नहाने के बाद फिर सादे पानी में नहाना आवश्यक होता है। यदि ऐसा नहीं किया जाता तो रक्त में नमक की परत जमी रह जाती है, जो शरीर पर उपस्थित होने वाले छोटे से छोटे छर्राश की सा कर बड़ा सकती है। इस खाड़ी के पानी में घुंने हुए रूप में उपस्थित अनेकों सबलों में मुख्य स्थान सोडियम-सल्फेट, या मीरा-बिसाइट का है।

यह सबल बहुत से मूल्यवान गुण रखता है। यह भक्षण ही नहीं है

कि इमे लैटिन भाषा में 'सालेमिराबिलिस' (Sale mirabilis) कहा जाता है जिसका अर्थ है "अद्भुत लवण" ।

सत्रहवीं शताब्दी के प्रारम्भ में जर्मनी में एक रसायन शास्त्री इग्नोवोनी रुडोल्फ ग्लाबर नाम का रहता था । बहुत बीमार पड़ जाने पर ग्लाबर ने अपने परिवारियों की सलाह से एक चश्मे का पानी पीना प्रारम्भ किया और स्वस्थ हो गया । वैज्ञानिक चश्मे के जल को रासायनिक रचना की ओर आकर्षित हुआ । इस विचार से उसने जल को एक प्याली में वाष्पीकृत किया और किमी लवण के लम्बे सफेद मणिभ उसको प्राप्त हुए ।

इसके पूर्व इसी प्रकार के मणिभ उसे "रमोई के नमक" सोडियम-क्लोराइड पर सल्फूरिक एसिड के प्रभाव द्वारा प्राप्त हो चुके थे ।

अपने स्वस्थ होने की स्मृति में उसने अपने द्वारा प्राप्त इस लवण को "अद्भुत लवण" अथवा मीराबिलाइट की संज्ञा दी । पर अधिकतर इस लवण को ग्लाबर साल्ट कहा जाता है । ग्लाबर साल्ट का रासायनिक फार्मूला $\text{Na}_2 \text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ है ।

जल रहित सोडियम सल्फेट काच के उत्पादन में इस्तेमाल किया जाता है । सोडा, गंधक, अमोनियम-सल्फेट, मोडियम-सल्फेट, पोटेशियम-सल्फेट और बहुत से अन्य पदार्थों को ग्लाबर साल्ट से उत्पादित किया जाता है । उसका उपयोग कागज के उद्योग में भी होता है ।

सागरीय जल के लवणों में प्रमुख भूमिका मैगनीशियम-सल्फेट Mg SO_4 , अदा करता है । सागरीय जल को विशेष तीखा लवणीय स्वाद इसी मैगनीशियम सल्फेट से प्राप्त होता है और इसीलिये इसे "कड़वा नमक" भी कहा जाता है । मैगनीशियम सल्फेट का उपयोग औषधि के लिये जुलाब (purgative) के रूप में किया जाता है ।

प्रकृति में गंधक का चक्र

प्रकृति में प्राप्त होने वाले गंधक की तीनों अवस्थाएँ—शुद्ध गंधक, सल्फाइडें तथा सल्फेट कुछ सीमा तक परस्पर एक दूसरे से अलग नहीं मालूम होती हैं । वे आपस में परिवर्तनों की एक पूरी शृंखला से जुड़ी हुई हैं । आगे पता लगायें कि किस प्रकार के परिवर्तनों ने प्राकृतिक गंधक को विभिन्न भौगर्भीय तथा जलवायु-सम्बन्धी दशाओं के अन्तर्गत पीड़ित किया है ।

पृथ्वी के जीवन की प्रारम्भिक अवस्था में गंधक ने सीधे धातुओं से संयोजन किया और सल्फाइडें बनाईं । स्वतन्त्र आक्सीजन के प्रकट होते ही सल्फाइडें सल्फेटों में आक्सीकृत हुईं । ज्वालामुखी पर्वतों से निकली हुई गंधकीय गैसों के

गंधक को भी वही भाग्य मिला जो सल्फाइडों को मिला था—वह सल्फूरिक एसिड में धावसीकृत हुआ और बाद को सल्फेटों में बदल गया। भ्रजवीय प्रकृति में गंधक की मूलभूत प्रवृत्ति यह होती है, कि वह उच्चतम संयोजकताओं वाले यौगिकों—सल्फेटों के रूप में परिवर्तित हो जाये। ये सल्फेट यौगिक भ्रजव प्रकृति के गंधक तथा जैवीय क्षेत्र (बायोस्फियर) के परिवर्तनों में भाग लेने वाले गंधक के मध्य सम्बन्ध स्थापित करने वाले पुलों के समान होते हैं।

यह ज्ञात हो चुका है कि कुल पशु जगत् एवं वनस्पतीय शरीरों में गंधक होता है। पौधे उसे धुले हुए सल्फेटों से जो मिट्टी में होते हैं, प्राप्त करते हैं, और पशु पौधों से उसे प्राप्त करते हैं।

मृत्यु के बाद पशुओं एवं वनस्पतियों के शरीर सड़ते हैं और हाइड्रोजन सल्फाइड उन्मुक्त करते हैं। विशेष प्रकार के गंधकीय बैक्टीरिया जिनके लिये हाइड्रोजन-सल्फाइड भोजन का काम करता है, उसे धावसीकृत कर देते हैं। धावसीकृत होने पर हाइड्रोजन-सल्फाइड जल और स्वतन्त्र गंधक में बदल जाती है। स्वतन्त्र गंधक स्वयं सल्फूरिक एसिड में धावसीकृत हो जाता है। सल्फूरिक एसिड अन्य पदार्थों से संयोजन करती है और यौगिक बनाती है। इसके परिणाम स्वरूप सल्फेट प्राप्त होते हैं, जो पुनः वनस्पतियों और पशुओं के शरीरों की सेवा में जाते हैं। इस प्रकार प्रकृति में गंधक के परिवर्तनों की लम्बी शृंखला का चक्र पूरा होता है।

रासायनिक उद्योग के आघारों का आघार

दक्षिणी अमरीका में कार्डीलियरा पर्वत श्रेणी में एक छोटा उबालामुखी पर्वत पुराचे है। इसके मुख (क्रैटर) से रियो-बीनाग्रो नदी निकलती है। उसके पानी में बैज्ञानिकों ने प्रकृति प्राप्त होने वाली सल्फूरिक एसिड की खोज की है। यह नदी प्रति बीस टन तक सल्फूरिक एसिड समुद्र में ले जाती है। समझा जायेगा की प्रकृति की प्रयोगशाला में बनने वाली सल्फूरिक एसिड की यह मात्रा बहुत बड़ी मात्रा है। वास्तविकता यह है कि, चाहे शार्दिक रूप से देखा जाये, चाहे अलकारिक रूप में, यह मात्रा समुद्र में एक बूद के समान है। मनुष्य की सल्फूरिक एसिड की मांग को पूर्णतः सन्तुष्ट करने के लिये संकड़ों, हजार और मिलियनों टन सल्फूरिक एसिड की आवश्यकता होगी।

प्रकृति-दत्त सल्फूरिक-एसिड पर्याप्त-साधारण तथा सामान्य प्राकृतिक घटना है।

मध्य एशिया में गंधक की पहाड़ियों को ढकने वाली रेत में सल्फूरिक एसिड के संक्षय प्राप्त हुये हैं।

कराकोरम अभियान में भाग लेने वालों ने जब रेगिस्तान से लौटकर गंधकीय खनिज के नमूनों की देखना शुरू किया तो वे यह देखकर आश्चर्यचकित

हो गये कि जिस कागज में खनिज लपेटा रखा था, बुरी तरह से चिपड़े-चिपड़े हो गया था, लकड़ी के सन्दूकचे भी क्षतिग्रस्त हो गये थे ।

अकॅडेमीशियन फेसमान ने इस विध्वंसकारी क्रिया का कारण सलफूरिक एसिड को बताया, जो कर्भी-कभी पाइराइटज और प्राकृतिक गंधक की खानों के साथ मिलती है । यह प्रकृति में मिलने वाली सलफूरिक एसिड थी । फेसमान की सम्मति में इस द्रव खनिज के पर्याप्त महत्त्वपूर्ण संचय प्रकृति में मौजूद हैं । प्रकृति में मिलने वाली सलफूरिक एसिड के विशेष रूप से बड़े भण्डार कराकोरम की रेत में हैं ! इसका कारण वहाँ की विशेष जलवायु तथा भू-रासायनिक परिस्थितियाँ हैं । यह हिसाब लगाया गया है कि कराकोरम की सबसे बड़ी गंधकीय पहाड़ियों में से एक दरवाज पहाड़ी में स्वतन्त्र सलफूरिक एसिड के संचय संकड़ों मनोहाइड्रेट—शुद्ध अजलीय सलफूरिक एसिड—होते हैं ।

मानव-जीवन में सलफूरिक एसिड को बढ़ा कर मूल्यवान् करना कठिन है । उसका उत्पादन प्रत्येक देश के रासायनिक विकास की शक्ति जांचने की कसौटी बन गया है । किसी भी एक रासायनिक उपज को इतने विविधतापूर्ण उपयोग नहीं प्राप्त हैं जितने सलफूरिक एसिड को । उसकी सहायता से अनेक दूसरे अम्ल प्राप्त किये जाते हैं । फास्फोरिक, हाइड्रोक्लोरिक, हाइड्रोफ्लोरिक (Hydrofluoric), एसिटिक, एसिटस । साथ ही विभिन्न टेकनिकल लवण भी इसकी सहायता से तैयार किये जाते हैं ।

कुल उत्पादित सलफूरिक एसिड की लगभग आधी मात्रा कृषि की खादों और मुख्यतः सुपर-फास्फेटों के बनाने में व्यय होती है ।

इसके बगैर विस्फोटक पदार्थों का उत्पादन असम्भव है ।

मिट्टी के तेल के उद्योग में इसका उपयोग क्लोरीन, ग्रीज तथा अन्य मिट्टी के तेल की उपजों के साफ करने में किया जाता है । मशीन-निर्माण में धातुओं के उरेहन (etching) में उसका प्रयोग किया जाता है और धातु उद्योग में ताँबा, जस्ता, कोबाल्ट, निकेल, तथा अलौह धातुओं के उत्पादन में उसका प्रयोग होता है ।

यस्त्र-उद्योग में यस्त्रों को रंगने के पहले सलफूरिक एसिड के अल्पमिनियम और बेरियम के लवणों से अभिसंस्कृत कर लिया जाता है ।

सलफूरिक एसिड का उपयोग प्लास्टिक पदार्थों के बनाने में भी किया जाता है । कार्बनिक सफ़लेपण के उद्योग में यह अनेक प्रक्रियाओं में अनिवार्य होती है ।

यथार्थतः सलफूरिक एसिड से तैयार की गई वस्तुयें हमारे दैनिक जीवन में भी हमें बराबर घेरे रहती हैं । दियासलाई, सैलूसायड, रंग, साबुन, यहाँ तक

कि कागज और स्याही, भी जिससे हम लिखते हैं, बगैर सलफूरिक एसिड की सहायता के नहीं बन सकती हैं। सलफूरिक एसिड तकनीकी विकास के मूल-भूत प्रेरकों में से एक है।

यदि उद्योग के उन विभागों का उल्लेख न किया जाये जिनकी सलफूरिक एसिड ने जीवन दिया है, तो भी वे बहुत से उद्योग जो सलफूरिक एसिड उद्योग से पहले के हैं, आज भी पुराने आदिम घरेलू उद्योगों का स्वरूप लिये होते यदि सलफूरिक एसिड की सहायता उनको न प्राप्त होती। मनुष्य आज भी उसी प्रकार पुराने ढंगों से कागज व स्याही तैयार करते होते तथा उसी प्रकार अनेक अलौह धातुओं प्राप्त करते होते और वस्त्रों को रंगते होते जैसे कि वे मध्यकालीन युग में किया करते थे।

क्या दस शताब्दियों पूर्व 'हरे प्रस्तर'—कसीस को तपा कर सबसे पहले सलफूरिक एसिड प्राप्त करने वाले मध्ययुगीन कीमियागरों को यह कभी ध्यान हो सकता था कि उनके द्वारा प्राप्त पदार्थ मानव के लिए इतना गुणकारी सिद्ध होगा ?

आज से शताब्दियों पूर्व—स्वप्नों के संसार में विचरण करने वाले किस कीमियागर की प्रयोगशाला में सलफूरिक एसिड ने जन्म लिया ? हो सकता है कि उसकी खोज का श्रेय सिद्ध पारसी वैज्ञानिक अलबुककुर-अल-राज को मिला हो, जैसा कि रसायन के बहुत से इतिहासकारों का विचार है।

कसीस को तपा कर वह कई शताब्दियों तक प्राप्त किया जाता रहा। केवल पन्द्रहवीं शताब्दी में उसके प्राप्त करने का नया ढंग निकाला : गंधक और शोरा (Saltpetre) के मिश्रण को गर्म करके सलफूरिक एसिड प्राप्त की गई। यह ढंग तीन सौ वर्षों तक चला और लम्बे धरसे तक समय की परीक्षाएँ सहता रहा। किन्तु इसकी अपनी खामियाँ थीं। इससे बहुत कम मात्रा में ही सलफूरिक एसिड प्राप्त की जा सकती थी।

जीवन प्रागे बढ़ा और उसने मनुष्य के सामने नई समस्याएँ उपस्थित कीं। सलफूरिक एसिड (गंधक के तेजाब) की छोटी प्रयोगशालाओं और बिक्रि-त्सालयों की सीमाओं से ऊपर जाना आवश्यक हो गया। मार्ग में केवल एक अवरोध था : किस प्रकार के बर्तनों में सलफूरिक एसिड का उत्पादन किया जाये ? कीमियागर तथा औपधि बनाने वाले काँच के बर्तनों का प्रयोग करते थे, जो बड़े उत्पादन के लिए बिल्कुल अनुपयुक्त थे। उस समय तक कुल धातु इस काम के लिए अनुपयुक्त थे, क्योंकि वे सभी सलफूरिक एसिड के सम्पर्क में नष्ट हो जाते थे।

1741 ई० में स्काटलैंड में रोवाक की योजना के अनुसार चैम्बर प्रोसेस से सलफूरिक एसिड प्राप्त करने का पहला कारखाना खोला गया।

1806 ई० में फ्रेंच रासायनिक बलोमान तथा डिब्रोम ने सलफूरिक एसिड के उत्पादन के क्षेत्र में एक महत्वपूर्ण खोज की उन्होंने सिद्ध किया, कि सलफूरिक एसिड के चैम्बर प्रोसेस के उत्पादन में सलफर-डाइ-आक्साइड गैस का आक्सीकरण नाइट्रोजन की आक्साइडों के अपनी आक्सीजन उसे दे देने के कारण होता है।

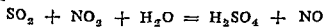
इस प्रकार शोरा का स्थान नाइट्रिक एसिड ने ले लिया। इस खोज ने चैम्बर प्रणाली से सलफूरिक एसिड प्राप्त करने की विधि को सैद्धान्तिक आधार प्रदान किया।

सलफूरिक एसिड को प्राप्त करने के लिए सलफर-डाइ-आक्साइड गैस की आवश्यकता होती है। वह सलफाइडों के जलाने से बनती है। इसके बाद उसका आक्सीकरण गन्धकीय ऐनहाइड्राइड में होता है। फिर ऐनहाइड्राइड का संयोजन पानी से होता है और सलफूरिक एसिड प्राप्त हो जाती है। समझा जावेगा कि यह कितना कठिन है।

वस्तुतः सलफूरिक एसिड प्राप्ति एक जटिल टेकनालाजिकल प्रक्रिया है, जिसमें यह बहुत से रासायनिक परिवर्तन परस्पर एक दूसरे से जुड़े हुए होते हैं। सलफूरिक एसिड के उत्पादन के पूरे इतिहास के दौरान रासायनशास्त्रियों ने पूरी लगन के साथ खोज की और विभिन्न संशोधन प्राप्त किये, जिससे सलफूरिक एसिड का उत्पादन अधिक सरल और सस्ता बन गया।

सलफूरिक एसिड प्राप्त करने की पुरानी चैम्बर विधि का स्थान समय पाकर अधिक सुधरी हुई मीनार विधि ने ले लिया, किन्तु सुधार केवल तकनीक तक ही सीमित था—चैम्बर के स्थान पर मीनारों (Towers) का प्रयोग किया जाने लगा। प्रक्रिया का रासायनिक पहलू दोनों में एक सा बना रहा। दोनों विधियों को सलफूरिक एसिड प्राप्त करने की "नाइट्रोजन विधि" का सामूहिक नाम देकर सम्मिलित किया जा सकता है।

नाइट्रोजन विधि का सार सलफर-डाइ-आक्साइड गैस को सलफूरिक एसिड तक आक्सीकृत कर देते हैं। जल में घुली हुई नाइट्रोजन-पर-आक्साइड आक्सीकारक का काम करती है। इस क्रिया का रासायनिक समीकरण अत्यन्त सरल है :



नाइट्रोजन-आक्साइड जो इस समय बनती है, उत्पादन की क्रिया के अन्त-गत वह बेकार नहीं होती है। आक्सीजन उसे पुनः नाइट्रोजन-पर-आक्साइड में

प्राक्सीकृत कर देती है, और इस प्रकार पुनर्जीवित की हुई नाइट्रोजन-पर-प्राक्साइड फिर काम में लाई जा सकती है। इस तथ्य का बहुत बड़ा आर्थिक मूल्य है। नाइट्रोजन की प्राक्साइडें, वस्तुतः, व्यर्थ नहीं होतीं। नाइट्रोजन-पर-प्राक्साइड अपनी प्राक्सीजन सल्फर-डाइ-प्राक्साइड को देती हुई उसके प्राक्सीकरण को तीव्र कर देती है। यह एक विलक्षण उत्प्रेरक की भूमिका प्रदा करती है।

ध्वजहार में यह सब किस प्रकार सम्पन्न होता है। पाइराइटोज की भट्टियों से निकलती हुई गैसों में सल्फूरिक-ऐनहाइड्राइड होती है। गैस उत्पादन-मीनारों (Production Tower) से गुजरती है, जहाँ उन्हें नाइट्रोसो (Nitroso) से सींचा (wash) जाता है। नाइट्रोसो ऐसी सल्फूरिक एसिड है जिसमें नाइट्रोसिल सल्फूरिक एसिड (NOHSO_4) घुली होती है। नाइट्रोसो के प्रतिरिक्त उत्पादन मीनारों में जल भी प्रवेश किया जाता है। इस प्रकार नाइट्रोसिल सल्फूरिक एसिड में सल्फूरिक और नाइट्रोजन मूल प्राप्त होते हैं।

नाइट्रस एसिड सल्फर-डाइ-प्राक्साइड और जल के प्रभाव से बनने वाली सल्फूरस एसिड को सल्फूरिक एसिड में प्राक्सीकृत कर देती है।

नाइट्रोजन की प्राक्साइडें रखने वाली गैसों ऐम्पापेशन (प्रवशोपण) मीनारों में जाती हैं। ये मीनारें सल्फूरिक एसिड से सिंचित किये जाते हैं। इन मीनारों में नाइट्रोसिल सल्फूरिक एसिड तैयार होती है। इस प्रकार से नाइट्रोजन की प्राक्साइडें पकड़ ली जाती हैं और बाहर वायुमण्डल में नहीं जाने पातीं।

मीनार विधि से अधिक सान्द्रित सल्फूरिक एसिड नहीं प्राप्त होती है। उसका सांद्रण (Concentration) 75 प्रतिशत से ऊपर नहीं जाता। इस प्रकार की एसिड साधारणतः कृत्रिम खादों के उत्पादन में खर्च होती है। सान्द्रित सल्फूरिक एसिड प्राप्त करने के लिए सम्पर्क विधि (Contact Process) कहलाने वाली प्रणाली का उपयोग किया जाता है। इस विधि में सल्फर-डाइ-प्राक्साइड गैस को वायु की प्राक्सीजन द्वारा उत्प्रेरक के सम्पर्क में प्राक्सीकृत करते हैं और फिर इस प्रकार प्राप्त सल्फूरिक-ऐनहाइड्राइड को जल से संयोजित करा के सल्फूरिक एसिड प्राप्त करते हैं।

विशेष प्रकार की भट्टियों में घातुओं की सल्फाइडों (साधारणतः, लौह कोलचेडान या पाइराइटोज) को जलाते हैं। जलने से वायु के साथ मिली हुई सल्फर-डाइ-प्राक्साइड गैस मिलती है। उसे ध्यान पूर्वक धूल और, जो इससे भी अधिक आवश्यक है, विभिन्न मिलावटों, उदाहरण के लिये आर्सेनिक-त्रि-प्राक्साइड से शुद्ध करते हैं, जिनकी उपरिपति उत्प्रेरक की शक्ति को नष्ट कर देती है और केवल तब गैसों का गर्म मिश्रण सम्पर्क उपकरण में प्रवेश कराया

जाता है। बनने वाली सलफूरिक-एनहाइड्राइड को सान्द्रित सलफूरिक एसिड से पकड़ लिया जाता है, जो संतृप्त होते हुए गाढ़े तेल के समान द्रव में परिणत हो जाती है, जिसे मोलियम कहा जाता है। अजलीय सलफूरिक-एसिड में सलफूरिक-एनहाइड्राइड के घोल को मोलियम कहते हैं।

उत्प्रेरक के रूप में पहले प्लैटिनम का उपयोग करते थे। गैसों को भली भाँति शुद्ध करके सम्पर्क उपकरण में प्रवेश करने से प्लैटिनम अपनी सक्रियता लगभग पन्द्रह वर्षों तक सुरक्षित रखता है। फिर भी, यह लाभप्रद नहीं था, क्योंकि प्लैटिनम अत्यन्त महंगा पड़ता था।

हाल के दिनों में वर्नेडियम-एनहाइड्राइड का उपयोग किया जाने लगा है। वह कहीं अधिक सस्ता तथा "उत्प्रेरक की शक्ति नष्ट करने वाले" विभिन्न प्रकार के पदार्थों से प्लैटिनम की अपेक्षा बहुत कम प्रभावित होने वाला होता है।

इस प्रकार सलफूरिक एसिड प्राप्त हो जाती है। यह भारी तेल वत् द्रव है। जर्मन इसे 'नोडेगाउजेन तैल' कहते थे। और अन्ततः सबसमयों और राष्ट्रों के लिये सान्द्रित सलफूरिक एसिड का सामान्य नाम मोलियम है, जिसका लैटिन भाषा में अर्थ होता है तैल।

सलफूरिक एसिड अत्यन्त विचित्रतापूर्ण आचरण प्रदर्शित करती है। कोई ऐसा पदार्थ पाना कठिन है, जिसके गुण अपने सान्द्रण पर निर्भर करते हुए इतनी तेजी से बदलते हों। धातुओं पर प्रभाव के विचार से सान्द्रित तथा तनूकृत सलफूरिक एसिड अलग-अलग बिल्कुल दो विभिन्न योगिकों की भाँति आचरण प्रगट करती है।

तनूकृत (diluted) सलफूरिक एसिड सीसा (lead) को छोड़कर सभी धातुओं को, जो टेन्शन के विचार से हाइड्रोजन के बायें स्थित हैं, अपने में घोल लेता है और इस घुलन के समय हाइड्रोजन उन्मुक्त होती है। तनूकृत सलफूरिक एसिड में सीसा का अघुलनीय होना चम्बर : प्रोसेस सलफूरिक एसिड के उत्पादन में निर्णायक भूमिका अदा करता है। सान्द्रिक सलफूरिक-एसिड में सीसा को पूर्णरूप से अपने में घोल लेने की क्षमता होती है, इसलिए सम्पर्क विधि (Contact Process) में जिसमें ऊँचे सान्द्रण की सलफूरिक एसिड प्राप्त होती है, टेकनाताजिकल प्रक्रियाओं में सीसे का प्रयोग नहीं करते हैं।

सान्द्रिक सलफूरिक एसिड गर्म किये जाने पर लगभग सभी धातुओं को अपने में घोल लेती है, किन्तु इस समय वह अपनी आवसीकारक क्षमता प्रकट करती है, और हाइड्रोजन के स्थान पर गंधकीय गैस प्रदान करती है और यहाँ फिर अप्रत्याशित घटना दिखाई पड़ती है। प्रकट होता है कि सान्द्रिक सलफूरिक एसिड लोहे को अपने में नहीं घोलती है। ठीक इसी गुण के आधार पर सलफूरिक एसिड को लोहे की टकियों में एक स्थान से दूसरे स्थान को ले जाते हैं।

सलफूरिक एसिड में जल के प्रति बड़ी मिलन प्रवणता (affinity) होती है। विशाल मात्रा में ऊष्मा उन्मुक्त करती हुई वह जल से संयोजित हो जाती है।

सलफूरिक एसिड की जलीय वाष्पों को अवशोषित कर लेने की क्षमता के कारण उसका उपयोग गैसों के सुखाने (उनसे पानी निकाल लेने) तथा धूम्र-हीन वाहद बनाने के काम में लिया जाता है।

सान्द्रिक सलफूरिक एसिड विभिन्न कार्बनिक योजकों, जैसे कार्बोहाइड्रेटों, के कार्बनीकरण की क्षमता प्रकट करता है। और इस अवसर पर भी सलफूरिक एसिड पुनः दो मुखी आचरण प्रकट करता है।

उदाहरण के लिये पौधे के कोशिका तन्तु (Cellular tissue) को लीजिये और विभिन्न सान्द्रणों की सलफूरिक एसिड का उस पर अलग अलग प्रभाव निरीक्षण कीजिये। सान्द्रिक सलफूरिक एसिड उससे पानी खींचती हुई उसका कार्बनीकरण उपस्थित करती है।

अब पौधे के कोशिका तन्तु पर तनूकृत सलफूरिक एसिड का प्रभाव देखिए। कोशिका तन्तु पर कुछ बूँदें तनूकृत सलफूरिक एसिड की डालिये। इस बार कोशिका तन्तु कार्बनीकृत (Carbonized) नहीं होता है, वरन् विशीर्ण (Crumble) होना प्रारम्भ हो जाता है। देखने में तो यह भी सलफूरिक एसिड की विध्वंसकारी क्रिया है, किन्तु क्रिया का सार दूसरा है, बिल्कुल ही प्रतिकूल। इस बार कोशिका तन्तु पानी नहीं खोता है, बल्कि उसे अपने में समाविष्ट करता हुआ एक अत्यन्त कुरकुरे पदार्थ—हाइड्रोजन—में बदल जाता है, जो तुरन्त ही विशीर्ण होने लगता है।

सलफूरिक एसिड की गणना शक्तिशाली एवं दो आघार रखने वाले अम्लों में है। दो आघार रखने वाले अम्ल से यह अर्थ है कि घातुयें उस अम्ल के अणु में स्थित एक या दोनों हाइड्रोजन परमाणुओं को प्रतिस्थापित (replace) कर सकती है। इसीलिये दो प्रकार के लवण सलफेट तथा वाइ-सलफेट उससे बनते हैं। बेरियम और लेड (सीसा) के सलफेटों को छोड़कर लगभग सभी सलफूरिक एसिड के लवण पानी में घुलने वाले होते हैं। बेरियम-सलफेट को छोड़कर अन्य सभी बेरियम के लवण पानी तथा अम्लों में भलीभांति घुलते हैं। इसलिये यदि किसी लवण के घोल में किसी बेरियम के लवण का घोल मिलाया जाये और उसमें अधुलनीय श्वेत अवशोषण प्रकट हो तो यह समझा जा सकता है कि उसमें या तो सलफूरिक एसिड या सलफूरिक एसिड का कोई लवण मौजूद है। इस प्रकार बेरियम के लवण SO_4^{2-} आयन के प्रति क्रियाशील (reactive) होते हैं।

सलफूरिक एसिड का भविष्य कर्सा है ? क्या वह कभी रासायनिक उद्योग में अपना नेतृत्व-पूर्ण स्थान खो सकती है ?

प्रथम ही अनेको अत्यन्त महत्वपूर्ण प्राचीन एवं प्राधुनिक पदार्थों ने कुछ कुछ अपना स्थान खोना प्रारम्भ कर दिया है। लोहा, फौलाद, कच्चा लोहा के स्थानों को लेने के लिए ऐसी धातुएँ जैसे लियिम, मैगनीशियम, टाइटेनिम, मोलिबडीनम आ रही हैं, अनेक रासायनिक रीएजेण्टों का स्थान दूसरे अधिक प्रभावशाली रीएजेण्ट ले रहे हैं। किन्तु मानवता शायद ही किसी ऐसे चतुर्मुखी (universal) पदार्थ पर विचार करती हो, जो सलफूरिक एसिड का स्थान उसके उपयोग के कुल क्षेत्रों में ले सके।

हाइड्रोजन सलफाइड, शत्रु और मित्र,

छः दशाब्दियों पूर्व मार्टीनीक द्वीप में माउन्ट पील ज्वालामुखी से पांच किलोमीटर दूर सेन पेयर नाम की एक नगरी स्थित थी। आज यह नगरी मानचित्र में नहीं है, एक भयंकर दुर्घटना का शिकार हो गई है।

.... एक बार ज्वालामुखी के मुख से हाइड्रोजन-सलफाइड का निकलना तीव्र हो गया। नगर-निवासियों ने शीघ्र ही इसे जान लिया। उनके चाँदी के बर्तन काले पड़ने लगे। और फिर एक रात को नगर की कुल आबादी माउन्ट पील के भीषण उद्गार के फलस्वरूप नष्ट हो गई। जीवितों में केवल एक मनुष्य बचा था।

ज्वालामुखी के मुख से हाइड्रोजन-सलफाइड का निकलना, सलफर-डाइ-आक्साइड गैस निकलने के समान ही, प्रायः ज्वालामुखी के उद्गार के प्रारम्भ की भयंकर सूचना होता है।

प्रकृति में हाइड्रोजन-सलफाइड मुख्यतः ज्वालामुखी पर्वतों के स्थानों पर कभी-कभी सीधे पृथ्वी के गर्भ से आती हुई, प्राप्त होती है। जावा द्वीप की घाटियों में से एक की तली से, जो एक शान्त ज्वालामुखी की तलहटी में स्थित है, हाइड्रोजन-सलफाइड निकलती है। यह प्रत्येक जैविक अस्तित्व के लिए मृत्यु लाती है। उस घाटी को, जिसमें हर जगह मरे हुए जीवों के ढाँचे छित्रे पड़े हैं, 'मृत्यु की घाटी' कहा जाता है।

हाइड्रोजन-सलफाइड की सांझणिक गंध सड़े भण्डों की गंध के समान होती है। पर यह बहुत कम लोग जानते हैं कि वह कितनी विषली होती है। वह सांद्रित सलफूरिक-एसिड की वाष्पों से कम भयंकर नहीं होती है। हाइड्रोजन-सलफाइड की थोड़ी खुराक (small dose) भी मृत्युदायक होती है। उसकी 0.2 प्रतिशत वायु में उपस्थिति जीवों में लगभग तार्कालिक मृत्यु लाती है। प्रकृति में हाइड्रोजन-सलफाइड अल्ब्यूमेनस पदार्थों के सड़ने से बनती है।

हाइड्रोजन-सलफाइड इसलिये भयंकर है क्योंकि वह संचित होने वाला विष है। हाइड्रोजन-सलफाइड में सांस लेने से घ्राणन्द्रिय कुन्द (कुण्ठित) हो जाती है। मनुष्य में सतरे का एहसास ही समाप्त हो जाता है, और वह विषैली वायु में उस समय तक बना रहता है जब तक उसकी मृत्यु नहीं होती है।

रक्त को रुधिर वर्णिकाओं में लौह होता है। घातुओं के प्रति गन्धक बड़ी मिलन प्रवणता रखता है। हाइड्रोजन-सलफाइड मनुष्य के रक्त में पहुँच कर लोहे से प्रतिक्रिया करता है और लौह सलफाइड बनाता है। निम्नलिखित प्रयोग किया जा सकता है : ताजे खून में हाइड्रोजन-सलफाइड पारित की जाये। उसका रंग लाल वर्ण से धुँधला (गन्दा) हरा सा हो जायेगा। यह बात घ्राणानी से स्पष्ट हो जाती है कि क्यों सेन पेपर नगर की सभी चांदी की वस्तुयें काली पड़ गई थीं। यह सब जानते हैं कि सबसे 'दड़' घातुओं में से एक है चांदी। वह गर्म करने पर भी वायु में भावसीकृत नहीं होती है। किन्तु गंधक की मिलन प्रवणता घातुओं के प्रति इतनी अधिक होती है कि 'दड़' चांदी भी हाइड्रोजन-सलफाइड के प्रभाव से चांदी की सलफाइड की काली पतल से ढक जाती है।

मध्य युग के सर्वाधिक प्रसिद्ध चित्रकारों के भी कुछ चित्रों का रंग क्यों इतना धुँधला और निर्जिव दिखाई पड़ता है? प्रकटन: रंगों ने अपनी प्रारम्भिक चमक व ताजगी खो दी। बहुत से कलाकारों ने श्वेत रंग के रूप में सफ़ेदा (white lead) का प्रयोग किया। हाइड्रोजन-सलफाइड के प्रभाव से, जो वायु में थोड़ी मात्रा में सदैव रहती है, लेड (सीसा) काले भूरे लेड-सलफाइड में परिणत हो जाता है।

कृत्रिम रूप से हाइड्रोजन-सलफाइड को पिघलाये हुए गन्धक में हाइड्रोजन गैस पारित करके प्राप्त किया जा सकता है। किन्तु अधिकतर इन्हे घातुओं की सलफाइडों पर तनुकृत अम्लों के प्रभाव से प्राप्त किया जाता है। हाइड्रोजन-सलफाइड बड़ी तीव्र प्रजननशीलता प्रकट करती है, वायु के माध्यम उसका मिश्रण विस्फोट करता है। सुन्दर नीलपूँ लौ देते हुए वह जलती है और सलफर-डाइ-आक्साइड गैस तथा जल बनाती है : हाइड्रोजन-सलफाइड के जलने के समय मध्यवर्ती उपज के रूप में सम्भवतः गन्धक बनता है।

हाइड्रोजन-सलफाइड सर्वाधिक शक्तिशाली घटकारकों (Reducing agents) में से एक समझी जाती है। प्रकृति में वह अधिक मात्रा में अधिक समय तक संचित नहीं रह सकती है, क्योंकि वायु की भावसीजन उसे स्वतन्त्र गंधक में भावसीकृत कर देती है।

समुद्रों में अनेक जैविक शरीरों तथा बैक्टीरियाओं के सड़ने से हाइड्रोजन-सलफाइड बनती है। कुछ वैज्ञानिकों का विचार था कि समुद्र के भावसीकारी क्षेत्र में पहुँचकर वह भावसीकृत होती हुई स्वतन्त्र गंधक में बदल जाती है। इस प्रकार से बना हुआ गंधक इन वैज्ञानिकों के विचार से गंधक की वर्ण के रूप में, उदाहरण के लिए, ऐसे "हाइड्रोजन-सलफाइड के उच्च कोटि के क्षेत्रों" जैसे कृष्ण सागर की तली में चँठ जाते हैं। उनके विचार से इसी प्रकार अत्यन्त विशाल गंधकीय उद्गम सागरों में बने हैं।

किन्तु, कुल सम्भावनाओं से, सागरों में गंधकीय उद्गमों के बनने की क्रिया बहुत अधिक जटिल होती है। नमकीन पानी में हाइड्रोजन-सलफाइड के आक्सीकरण से प्राप्त होने वाला गंधक पानी में नहीं डूबता है, बल्कि तैरने लगता है और सागर के आक्सीकारण क्षण्ड में पहुँचने पर बड़ा सलफेट तथा आक्सीकृत होकर नीचे बैठ जाता है।

किन्तु सागर के पेंदे से गंधक प्राप्त करना कितना आकर्षक होगा !

गंधक और इण्डिया रबर

गंधक जादू की छडी है, निस्संदेह उसकी सहायता से प्राकृतिक¹ कुचुक (Caoutchouc) लचकदार रबर में परिवर्तित हो जाता है, जो हमारे दैनिक जीवन में हर समय हमारी सेवा में उपस्थित रहता है। सांख्यिकीय आकड़ों से हने ज्ञात होता है कि कृत्रिम रबर से बनी हुई विभिन्न वस्तुओं की गणना में हमारे समय में पैंतीस हजार से ऊपर नाम हैं।

प्राकृतिक कुचुक अत्यन्त महंगा पड़ता है और उसके गुण भी कभी-कभी बिल्कुल अनुकूल नहीं पड़ते हैं। निचले तापमानों पर वह कठोर और कुरकुरा हो जाता है और ऊँचे तापमानों पर वह चिपचिपा और लई के समान हो जाता है। कुचुक को नये भौतिकीय एवं रासायनिक गुण प्रदान करने के लिए उसे वल्कनाइज (Vulcanize) करते हैं। उसे गंधक के साथ लगभग 140°C तापमान पर गर्म करते हैं।

वल्कनाइजिंग क्रिया किस रासायनिक सिद्धान्त पर आधारित है ?

कुचुक की रचना तागे के समान दिखाई पड़ने वाले अणुओं से होती है जिनके जोड़-दोहरे होते हैं। गंधक के परमाणु इन जोड़ों से अपने को जोड़ते हुए जैसे कि अपने को रबर के अणुओं से सी लेते हैं ! इसके परिणामस्वरूप वल्कनाइज किये हुए रबर में नये गुण विकसित हो जाते हैं। दृढ़ता, लचीलापन (Elasticity) तथा ऊष्मीय स्थायित्व (Thermal stability)।

सामान्य कृत्रिम रबर के उत्पादन के समय कुचुक में लगभग 1-3 प्रतिशत गंधक समाविष्ट किया जाता है। गंधक की मात्रा के समावेश से कुचुक के अणुओं में दोहरे बन्धनों का केवल एक अंश भरता है, जिससे नरम कृत्रिम रबर तैयार हो जाना है।

किन्तु गंधक की मात्रा को लगभग 45 प्रतिशत तक ऊँचा करने का प्रयत्न कीजिए। इस समय गंधक के परमाणु लगभग सभी कुचुक के अणुओं के दोहरे बन्धनों को पकड़ लेंगे। एबोनाइट काले रंग का ठोप पदार्थ - प्राप्त हो जायेगा।

एबोनाइट में विद्युत् विसंवहन (Electric insulation) के बड़े ऊँचे गुण होते हैं और उसका उपयोग मुख्य रूप से विद्युत्-तकनीक की विभिन्न वस्तुओं के बनाने में किया जाता है। अम्लों के प्रति व्यवहार में प्रबल स्थायित्व (Stability)

1. प्राकृतिक रबर को सर्वप्रथम यह नाम चार्ल्स डेला कोन्वामीन ने 1736 ई० में दिया था, जिसके तूथा भाषा में अर्थ है 'रोता हुआ वृक्ष' (अनुवादक)।

प्रकट करने के कारण एवोनाइट का उपयोग विद्युत-संचायक (Accumulators) की टकियों के बनाने में किया जाता है।

किन्तु गंधक केवल प्राकृतिक कुचुक को कृत्रिम रबर में परिवर्तित करने में ही हमारी सहायता नहीं करता है, उसकी सहायता से कृत्रिम अकार्बनिक कुचुक भी प्राप्त किया जा सकता है, जिनमें विशेष बहुमूल्य गुण होते हैं। तकनीक में यह यौगिक यियो कुचुक या थियोकोल (Thiokol) के नाम से प्रसिद्ध है।

थियो कुचुक सोडियम-सल्फेट के घोल को गंधक के साथ गर्म करने के बाद प्राप्त होने वाले बहु-सल्फाइड को 'डाइक्लोरो-इथेन' और डिस्पैरेजिंग पदार्थ कहलाने वाले पदार्थों के साथ पारस्परिक प्रतिक्रिया करा के प्राप्त किया जाता है। जटिल तकनीकी प्रक्रिया के फलस्वरूप गाढ़ा भूरा पदार्थ मिलता है। यही थियोकोल होता है। व्यवहारतः वह किसी भी साधारणतः इस्तेमाल किये जाने वाले घोलने वाले द्रव्यों में नहीं घुलता है। केवल एक कार्बन-बाइ-सल्फाइड ही ऐसा है जो थियोकोल को बहुत थोड़ा सा फुला देता है।

थियोकुचुक अत्यन्त अप्रिय गंध देने वाला पदार्थ है। कृत्रिम रूप से संश्लेषित कुचुक की अन्य किस्मों की तुलना में यह पर्याप्त दृढ़ नहीं होता है, और ऋण चालीस अंश सेन्टीग्रेड तापमान पर वह पूर्णरूप से अपना लचीलापन खो देता है। किन्तु उसका ऋणात्मक गुण (Negative quality) दूसरी ओर उसके धनात्मक गुणों (Positive quality) की तुलना में तुच्छ हो जाता है। वह विलायकों के प्रति, एवं ओजोन तथा समय के प्रभावों के प्रति असाधारण स्थायित्व प्रदर्शित करता है।

जब तक तकनीक में इस प्रकार के गुणों वाले कुचुक के समान पदार्थों की मांग रहेगी तब तक थियोकोल वास्तव में अपरिहार्य रहेगा। उससे बेन्जीन, किरोसिन तथा बेन्जोल के लिए हीज एवं पाइप साइने तैयार की जाती हैं। थियोकोल की सहायता से गुब्बारों के कपड़ों को ढकने वाले सुरक्षा कवचों का सृजन किया जाता है, जिनमें हाइड्रोजन और हीलियम गैसों भेद करके निकल नहीं सकते हैं। थियोकुचुक का उपयोग वैमानिकी (Aviation), प्रिंटिंग और प्रकाशन (Polygraphy) तथा रासायनिक उद्योग में होता है।

सोडियम थियोसल-फेट और उसकी भूमिका

हृय ऊपर बता चुके हैं कि यदि सल्फूरिक एसिड के घणु में धातमीजन के एक परमाणु का स्थान गंधक का परमाणु ले लेता है तो अत्यन्त अस्थायी यौगिक बनता है, जो थियो-सल्फूरिक-एसिड के नाम से प्रसिद्ध है। स्वतन्त्र परिस्थितियों में वह तत्क्षण विघटित होता हुआ सल्फूरिक एसिड और गंधक देता है।

इस अम्ल के लक्षण थियोसलफेट—अधिक अस्थायी यौगिक प्रकट होते हैं। उनमें सोडियम-थियोसलफेट सर्वाधिक व्यापहारिक उपयोग रतता है। उसका रासायनिक फार्मूला $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ है।

चूँकि थियोसलफेट में दो ऋणात्मक संयोजकताओं वाला गंधक का घणु होता है, उसमें प्रवहारी (Reducing) गुण रहते हैं, जिसके कारण उने ऐसे

सक्रिय भावनीकारक, जैसे क्लोरीन को अपहरित करने के लिए इस्तेमाल किया जाता है। इस उद्देश्य से थियोसलफेट का प्रयोग बस्त्रों को धुँव करने के समय प्रतिरिक्त क्लोरीन को निकालने के लिये किया जाता है।

किन्तु सोडियम-थियोसलफेट केवल क्लोरीन-विरोधी (Antichlorine) पदार्थ के रूप में ही नहीं प्रतिष्ठ है। प्रत्येक व्यक्ति जो फोटोग्राफी की कला से अवगत है, यह जानता है कि कभी-कभी प्रकाश के प्रभाव से या लम्बे घ्रसे तक फोटो रखे रहने से फोटो में भूरे धब्बे पड़ जाते हैं। ऐमे अवसरों पर कहा जाता है कि फिक्सिंग (Fixing) ठीक नहीं हुई, अर्थात् फिक्स (स्थिर) करने वाले पदार्थों ने ठीक पर्याप्त काम नहीं किया।

फोटो प्लेटों अथवा फिल्मों के इमल्शन में डेवलपमेंट के बाद अविघटित सिलवर-ब्रोमाइड बचा रह जाता है, जिसके निकालने के लिए प्लेट स्थिरीकारक पदार्थ (Fixing agent) यानी सामान्यतः थियो-मलफेट (फोटोग्राफी में इसे हाईपो-सलफाईट कहा जाता है) के घोल में डुबाई जाते हैं। थियोमलफेट की भूमिका यह होती है कि वह चांदी के अप्रचलित योगिकों में घुलने वाले जटिल (Complex) योगिकों में बदल देती है। इसका परिणाम यह होता है कि स्थिरीकृत चित्र प्रकाश के प्रभाव से परिवर्तित नहीं होता है, तथा स्थायी हो जाता है, और अधिक दिनों तक सुरक्षित रखने पर उसमें कोई अन्तर नहीं आता है।

सोडियम-थियोसलफेट का उपयोग औषधि के क्षेत्र में भी होता है। संक्षिप्त और मियानाइट विषों को मारने वाला विष-विरोधी पदार्थ है। खुजली तथा गम्भीर रूप से जल जाने पर थियोसलफेट का लेप ऊपर से औषधि के रूप में लगाया जाता है।

सोडियम-थियोसलफेट में आयोडीन से तेजी से प्रतिक्रिया करने की क्षमता होती है। यह प्रतिक्रिया आयोडोमीट्री-आयतन-मितीय विश्लेषण (Volumetric analysis) की सर्वाधिक महत्वपूर्ण विधियों में से एक विधि-की आधारशिला बन गई, जिसका अनालिटिकल केमिस्ट्री (वैश्लेषिक रसायन) में विशेष महत्व है। थियोसलफेट से आयोडीन की पारस्परिक प्रतिक्रिया को निम्नलिखित समीकरण से प्रदर्शित किया जाता है।

$$I_2 + 2Na_2 S_2 O_3 = 2 NaI + Na_2 S_4 O_6$$
 जब क्रिया समाप्त हो जाती है, आयोडीन का लक्षणिक रंग गायब हो जाता है। यह जानते हुए कि कितना थियोसलफेट व्यय हुआ है, यह हिसाब लगाया जा सकता है कि घोल में आयोडीन की क्या मात्रा थी।

गंधक का भविष्य

प्रथम दृष्टि में यह प्रतीत हो सकता है कि गंधक ने तत्व के रूप में मानवता की व्यावहारिक आवश्यकताओं की दृष्टि से अपनी उपयोगितायें अब अधिकतमः

निष्प्रेषण कर दी है। किन्तु क्या ऐसे उदाहरण कम हैं जब सीधी धीर साधारण दिखाई पड़ने वाली बात व्यवहार में घोसा साबित होती है, केवल आवर्त सारण (Periodic table) के धन्दर हमें चलने की आवश्यकता है? बहुत पहले से महत्वहीन तत्व मानव-जीवन के लिए अपरिहार्य पदार्थ बन गये। गंधक की पुरानी सेवार्थों का मूल्यांकन करना कठिन है, किन्तु हम पूर्ण उत्तरदायित्व के साथ यह कह सकते हैं कि उसमें ध्रुव भी बहुत से नये प्रजात रहस्य छिपे हुए हैं।

हम उच्च प्राणविक योगियों की धीर दृष्टि ले जाते हैं—धीर गंधक-युक्त बहुलकों (Polymers) का स्मरण करते हैं जिनको ध्रुवी महत्वपूर्ण शब्द कहने बाकी हैं। हम वियोकोल की बात करते हैं—धीर गंधक के प्राधार पर निर्मित धकार्यनिक कुचुक हमारा ध्यान धाकपित करते हैं, निस्सन्देह प्राधुनिक तकनीक में कृत्रिम रबर (Immitation Rubber) के पदार्थों के स्थायित्व की समस्या निरन्तर धधिक तेज होती जा रही है। ल्यूमिनेसेण्ट (सन्दीप्ति-शील) तथा ऊष्मा के प्रति सवेदनशील (Sensitive) रङ्गों, सूक्ष्म वैज्ञानिक धनुसंधानों के लिए ल्यूमिनोफोरोसों को नये गंधक के योगियों की प्रतीक्षा है।

गंधक के रेडियो सक्रिय प्राइसोटोप धीर मुख्य गंधक—³⁵ वैज्ञानिकों के विश्वस्त सिद्ध हुए हैं। यह प्राइसोटोप विभिन्न रासायनिक प्रक्रियाओं के जिनमें गंधक भाग लेता है, विस्तारपूर्वक अध्ययन की सम्भावना उपस्थित करता है, वनस्पतियों धीर पशुओं के शरीरों में गंधक की भूमिका पर पढ़े पढ़े को सोलने की धनुमति प्रदान करता है, बहुत से जटिल प्रयोग को सम्पन्न करने में सहायता देता है। गंधक का रेडियो सक्रिय धनुरेखक (Radio active tracer) सर्वाधिक प्राशाप्रद प्राइसोटोपों में एक है। लयमग प्रत्येक रासायनिक तत्व के इतिहास में कुछ सीमा-चिन्ह (Land marks) वैज्ञानिक धन्वेपण, होते हैं, जिनके बाद उन तत्वों की महत्ता धभूतपूर्व ढग से बढ़ती है। यूरेनियम के विभाजन की सोत्र जर्मेनियम की धर्ध-चालकता (Semi Conduction) के बहुमूल्य गुण का धन्वेपण, द्रव हीलियम की धतिसंकाहकता (Super Conductivity) तथा धति तरलता (Super fluidity) का प्रमाण— ऐसे ही सीमा चिन्ह हैं, जिनकी सूची में आवर्त सारणी के ध्रुव बहुत से प्रतिनिधियों को सम्मिलित किया जा सकता है। गंधक विशेष साधक धधिनय धीधोगिक सलाफूरिक एसिड की प्राप्ति है, किन्तु यह बहना कि गंधक की ध्रुवी द्वितीय प्रसव का धनुमध बढ़ा है कदाचित कोरी कल्पना नहीं है।

